



Mogelijkheden tot verruiming van de toelating tot de Schelde-Rijn verbinding

Nota RAIN 98.031

**MOGELIJKHEDEN TOT VERRUIMING VAN DE TOELATING TOT DE
SCHELDE-RIJN VERBINDING**

Nota RAIN 98.031

Deelrapport I

Onderzoek naar de maximum lengte van samenstellen op de Schelde-Rijn-Verbinding

Deelrapport II

Onderzoek naar maximale breedte bij passage van sluizen op de SRV

Deelrapport III

Verschil in behandeling in het toelatingsbeleid tussen motorschepen, gekoppelde samenstellen, duwende motorschepen (koppelverbanden) en duwstellen, wel of niet handhaven ?

	dienst	
Opdrachtgever	RWS dir Zeeland, mede namens dir Zuid-Holland	C. Verburgt
Opdrachtnemer/ Projectleider	RWS-AVV	J. Stolk
Opstellers	RWS-AVVdeelrapport I RWS-AVVdeelrapport II RWS-AVVdeelrapport III	K.Roelse G.Riteco J.van Toorenburg

COVERNOTA :

MOGELIJKHEDEN TOT VERRUIMING VAN DE TOELATING TOT DE SCHELDE-RIJN VERBINDING

rapportage onderzoek toelatingsverruiming SRV en Krammeroute

In de voorliggende rapportage zijn de resultaten samengevat van het onderzoek dat door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer is uitgevoerd met betrekking tot het toelatingsbeleid op de Schelde-Rijnverbinding.

Het onderzoek is verricht op verzoek van de directies Zeeland en Zuid Holland van Rijkswaterstaat waarbij de directie Zeeland als opdrachtgever optrad.

aanleiding

Aanleiding tot het onderzoek is de zorg bij de directies over de geconstateerde toename en de verdere verwachte groei in de grootte van de samenstellen op het vaarwater dat bij de directies in beheer is. De zorg wordt gevoed door een ontwikkeling langs drie lijnen. De grootte van de grote samenstellen neemt gemakkelijk toe tot boven de bestaande toelatingsgrenzen, het aantal daarvan wordt verwacht toe te nemen en er zal een grotere variëteit ontstaan in de samenstelling en de beladingsvormen van de samenstellen en daarmee kunnen onvoorspelbare verschillen in beheersbaarheid van de grote samenstellen ontstaan.

De beheerder moet bij deze ontwikkelingen in zijn toelatingsbeleid met een antwoord komen en meent bovendien dat er op de vaarweg meer zou kunnen worden toegelaten dan nu het geval is. Het ontbreekt hem echter aan inzicht over de gevolgen van verruiming van het toelatingsbeleid en er zijn geen pasklare middelen om een helder, effectief en handhaafbaar toelatingsbeleid voor grote samenstellen te formuleren.

vraagstelling opdrachtgever

Deze vraagstelling is als volgt geformuleerd:

De Directie Zeeland vraagt, mede namens directie Zuid-Holland, aan AVV een studie uit te voeren of te begeleiden die antwoord geeft op de volgende vragen:

1. Tot welke maximum lengte kunnen samenstellen (lengte > 200m) op een verantwoorde wijze de Schelde-Rijnverbinding bevaren en de sluizen passeren. Welke maximum breedte en diepgang horen daarbij en onder welke voorwaarden? Is 6-baks duwvaart (lange formatie) in verband hiermee aanvaardbaar?
2. Tot welke maximum breedte kan een samenstel (lengte < 200m) op een verantwoorde wijze de Volkerak- en Kreekraksluizen passeren, zonder dat dit leidt tot aanzienlijke extra invaartijd of verhoogd risico voor de infrastructuur? Welke maximum diepgang en welke andere voorwaarden (max. windkracht? vermogen? actieve boegbesturing? enz.) horen daarbij?
3. Is er een goede grond voor het handhaven van het huidige verschil in maximum toelaatbare lengte tussen afzonderlijke schepen en gekoppelde samenstellen enerzijds (150 m) en duwstellen anderzijds (200 m).

inperking van de project-scope door fasering

De vragen 2 en 3 konden rechtstreeks worden behandeld in een gericht onderzoek. Zij worden gerapporteerd in respectievelijk de deelonderzoeken II en III. De uitkomsten ervan kunnen t.z.t. en indien praktisch worden gebruikt bij vraag 1.

Met betrekking tot vraag 1 is in overleg tussen de opdrachtgevers en AVV besloten om het onderzoek in dit project te beperken tot het nagaan of - in principe- en zo ja onder welke voorwaarden 6-baks duwvaart op de SRV mogelijk zou zijn.

De eerste vraag uit de vraagstelling is in het projectplan dan ook als volgt ge(her)formuleerd:

1a. Is 6-baks duwvaart op de Schelde-Rijnverbinding in principe mogelijk?

De achterliggende gedachte daarbij is dat een adequaat toelatingsbeleid voor bovenmaatse samenstellen zou moeten zijn gebaseerd op een goed gedefinieerde bovengrens in de toelating. Tussen deze bovengrens en de huidige toelatingsregels kan dan op een nog vast te stellen wijze worden geïnterpoleerd voor een willekeurig ander samenstel. Een voor de hand liggende bovengrens is 6-baks duwvaart. Nadat is geconcludeerd dat op de SRV 6-baks duwvaart (eventueel onder voorwaarden) mogelijk is, wordt verder onderzoek pas zinnig.

Voor een kort overzicht van de gedachtengang, de voordelen, de problemen en de vervolgstappen wordt verwezen naar de bijlage bij deze covernota.

niet alleen de SRV, maar ook de Krammerroute

De vragen betreffen niet alleen de SRV in strikte zin maar betreffen in feite de route vanaf de aansluiting aan de Dordtsche Kil ter hoogte van Willemsdorp via de Volkeraksluizen tot aan de Belgische Grens. Daarnaast was in de opzet voorzien om indien mogelijk vast te kunnen stellen of de in het project verkregen informatie eveneens toepasbaar zou zijn voor de route vanaf de Volkerak via de Krammersluizen en het Kanaal door Zuid-Beveland naar Hansweert. Uitgangspunt hierbij was dat dit gezien de krappe tijdplanning als een tweede prioriteit behandeld zou worden. In het onderzoek is de betreffende route mede onderzocht maar zijn de consequenties daarvan slechts genoemd en niet verder uitgewerkt.

uitvoering onderzoek

Het project is op basis van deze probleemstellingen in drie delen opgesplitst waarbij binnen ieder projectdeel het onderzoek zich richtte op een van de bovenstaande vragen.

Het onderzoek van de onderscheiden projectdelen werd uitgevoerd door drie verschillende deelplantrekkers die tevens tot taak hadden de resultaten van hun onderzoek te rapporteren. De bovengenoemde vragen, aangeduid met resp. 1a, 2 en 3, zijn in de rapportage weergegeven door de deelrapporten I, II en III.

samengevatte resultaten deelstudie I

Voor de SRV-route werd vastgesteld dat in principe zesbaksduwvaart mogelijk is. Lege zesbakkers in lange formatie, hier noodzakelijk i.v.m. de breedte van de sluizen, vormen in dit verband echter een probleem omdat er nog geen ervaring is opgedaan met deze eenheden in de praktijk en er dus geen informatie beschikbaar is van het manoeuvreergedrag. De konklusie ten aanzien van de toelatingmogelijkheden van zesbakkers gelden uitsluitend voor de route via de Kreekraksluizen. Voor de Krammerroute is eerst nader onderzoek nodig.

samengevatte resultaten deelstudie II

De diepte van de Zeeuwse kolken is zo groot dat (hypothetische) samenstellen met de maximum toegelaten diepgang van 4 m en met een zeer kleine speling met de sluiswanden slechts marginaal langere invaartijden hebben dan de thans toegelaten duwstellen. De diepterestrictie voor de bovenmatig-brede samenstellen kan dan ook worden verlicht, of zelfs vervallen. De maximum breedte moet op praktische gronden worden vastgesteld.

De resultaten kunnen worden gebruikt in de vervolg fase van deelonderzoek I

samengevatte resultaten deelstudie III

De bestaande keuring en certificering op adequate manoeuvreereigenschappen kent een aantal opmerkelijke hiaten en zwakke plekken. Practisch zijn er bij de grote samenstellen op dit moment geen problemen. Toch kan dit onder invloed van de markt en gegeven de mazen van de regelgeving gemakkelijk veranderen. Verder overleg over deze zaken is nodig.

Vanuit deze context concludeert het onderzoek:

- 1 De lengtegrens voor duwstellen moet niet worden verruimd tot er meer duidelijkheid is over de ontwikkeling van de duwvaart op de Zeeuwse routes, de trends in de certificering op manoeuvreer eigenschappen en de feitelijke mogelijkheden op de betreffende vaarwegen.
- 2 De lengtegrens voor gekoppelde samenstellen moet onder het huidige certificeringsregime niet worden verhoogd.
- 3 Lege samenstellen moeten in het toelatingsbeleid bewust worden meegenomen.

De resultaten moeten worden gebruikt in de vervolgfase van deelstudie I, zowel bij het voorgestelde tussenonderzoek als bij de formulering van een verruimd toelatingsbeleid.

Hoe nu verder?

Bij de opzet van het project is al geconstateerd dat eerst moest worden nagegaan of 6-baks duwvaart in principe mogelijk zou zijn en dat pas daarna zinnig kan worden nagedacht over een adequaat verruimd toelatingsbeleid.

Tijdens de uitvoering van het project werd op basis van de op dat moment beschikbare resultaten geconstateerd dat het noodzakelijk was na afloop van het lopende project (Is 6-baks mogelijk?) een kort aanvullend onderzoek in te lassen voordat een eventuele volgende fase aan de orde komt waarin het toelatingsbeleid concreet wordt geformuleerd en gekwantificeerd.

Immers de ontwikkeling bij uitrusting van schepen en samenstellen verloopt langs verschillende lijnen en de diversiteit aan formaties neemt toe. Categorisering van samenstellen naar manoeuvreereigenschappen wordt daardoor een stuk gecompliceerder en dit compliceert direct een toegesneden toelatingsbeleid.

De ingelaste tussenstap moet een werkbare oplossing vinden die een willekeurig samenstel op een correcte manier kan plaatsen m.b.t. zijn manoeuvreereigenschappen tussen een genormaliseerde 6-bakker en de (standaard) 4-bakker die nu al mag varen.

Dit onderzoek zou dan twee opties nader moeten bekijken t.w.

Optie 1.

Voor alle eenheden langer dan 200 m een interpolatie tussen de bovengrens van zesbaksduwvaart en het huidig toelatingsbeleid. De eisen aan boegbesturing zouden dan moeten worden afgeleid van de eisen die ten aanzien hiervan zouden moeten gelden voor een lang zesbaksduwstel.

Optie 2

Het uitwerken van een methode op basis van de eisen die voor ieder schip in het communautair certificaat zijn vastgelegd. Als het certificaat ruimte geeft voor een eenheid van meer dan 200 m met een bepaald maximum dan mag het ook op de SRV tot die afmetingen worden toegelaten. Daarvoor zal eerst moeten worden nagegaan hoe de beperkingen op het certificaat zijn gedefinieerd en of dat in alle gevallen een eenduidig gegeven is.

In die gevallen waarin het certificaat geen concrete beperking aangeeft van de maximale afmetingen van de eenheid dan zou dat als consequentie kunnen hebben dat alvorens ontheffing kan worden verleend voor een lengte groter dan 200 m eerst zou moeten worden proefgevaren onder toezicht van de SI.

Optie 1 heeft als probleem de eerder genoemde interpolatie-problemen en het feit dat met lange lege zesbakkers nog geen enkele ervaring is opgedaan. Het voordeel is dat een toelatingsbeleid wordt geformuleerd dat is toegesneden op de eisen van de vaarweg en het

verkeer ter plaatse en dat zich op een te verantwoorden wijze onafhankelijk maakt van een onzekere certificeringssituatie.

Optie 2 heeft de onzekerheid over de adequaatheid van de certificering die op dit moment boven de markt hangt en die daar ook niet op korte termijn zal verdwijnen. Hierbij moet dan ook een oplossing worden gevonden voor het gegeven dat bij de gangbare proeven die aan het certificaat ten grondslag liggen uitsluitend in geladen toestand wordt gevaren. Er is dus op grond van het communautair certificaat geen inzicht in het vaargedrag onder invloed van wind. Dit moet of wel worden gerealiseerd buiten de wet om ofwel worden 'verstoep' in de regels voor het geladen manoeuvreren.

(deelstudie III).

Pas als een oplossing is gevonden voor de problemen die in de uitwerking van de genoemde opties liggen opgesloten kan worden besloten tot een nadere studie die als resultaat een duidelijk en hanteerbaar toelatingsbeleid zou moeten opleveren.

opmerking

Geconstateerd is dat er voor samenstellen groter dan de reglementair toegelaten afmetingen op de route door de beide beheersdirecties een niet geheel uniform toelatingsbeleid wordt gevoerd ten aanzien van het geven van ontheffingen bij het passeren van de respectievelijke sluizen. Het lijkt dan ook zinvol om in afwachting van een eventueel nader uit te werken toelatingsbeleid in dit opzicht zoveel mogelijk gelijklopende regels te hanteren.

Mogelijkheden tot verruiming van de toelating tot de Schelde-Rijn verbinding¹

*probleem-analyse vernieuwing toelatingsbeleid SRV
mogelijkheden oplossen probleemvelden
conclusie haalbaarheid*

Het onderstaande beoogt aan te geven op welke wijze een toelatingsbeleid kan worden opgehangen tussen datgene wat nu al is toegestaan en de toelating van een vorm van 6-baksduwvaart. Het is de gedachtengang, de argumentatie en de conclusies uit de eerste stappen, hier op hoofdpunten samengevat, van een route naar een nieuw type toelatingsbeleid. Het geeft de tussenstand op deze route na uitvoering van het project RAIN 98.031 'Mogelijkheden tot verruiming van de toelating tot de Schelde-Rijn verbinding'. Het gaat uiteindelijk om het formuleren van een helder, rechtvaardig en handhaafbaar toelatingsbeleid waarin de mogelijkheden van de vaarweg op de twee belangrijke Zeeuwse routes ten volle worden uitgenut. Zeker voorlopig is de feitelijke vaart met 6-bakkers nog niet aan de orde.

Het onderstaande is gebaseerd op de resultaten van de deelstudies I (2) en II (3) van dit project

geen gefragmenteerd toelatingsbeleid

De beheerder van de SRV wordt zeer regelmatig verzocht toestemming te geven om met samenstellen op de SRV te mogen varen die (meestal iets) groter zijn dan op dit moment is toegelaten. Fysiek is er geen directe reden die het varen met deze eenheden over de SRV onmogelijk maakt. Ook de kwaliteit van het samenstel geeft meestal geen aanleiding tot het onthouden van een vergunning. Niettemin ontstaat bij de beheerder een gevoel dat hij de grip op de situatie zou kunnen verliezen. Het gevaar van het ontstaan van een salami-achtig toelatingsregime bestaat.

geen extrapolatie maar interpolatie op een geaccepteerde bovengrens

Om deze problematiek het hoofd te bieden is tijdens de voorbereidende fase van het project geopperd om de situatie om te draaien. De beheerder laat dan op de vaarweg schepen en/of samenstellen toe waarvan de maximum afmetingen fysiek bepaald worden door de vaarweg en de sluizen tesamen met een vastomlijnd idee over verkeer en verkeersafwikkelingskwaliteit. De beheerder stelt daarbij vast aan welke voorwaarden een dergelijk vaartuig of samenstel zal moeten voldoen. Deze set voorwaarden dient dan als de bovengrens voor het toelatingsbeleid. De ondergrens wordt bepaald door het huidige toelatingsregime. Toelatingseisen voor units met tussenliggende maten en manoeuvreerbaarheid worden gevonden door interpolatie. Deze interpolatie moet makkelijk, doorzichtig en helder zijn en leiden tot eisen die logisch, rechtvaardig en adequaat zijn. Dat is een probleem op zich maar kan in een latere fase worden uitgezocht.

Het huidige project richt zich op het vinden van een geschikte 'bovengrens' die een behoorlijke realiteitswaarde bezit.

-
- ¹⁾ Het onderzoek behandelt eveneens de route langs de Krammersluizen en het KdZB
 - ²⁾ Onderzoek naar de maximum lengte van samenstellen op de Schelde-Rijn verbinding
 - ³⁾ Onderzoek naar de maximale breedte bij passage van sluizen op de Schelde-Rijn verbinding

natuurlijke bovengrens is 6-baks op de SRV

Gezien de afmetingen van de sluizen in de SRV ligt het voor de hand daarvoor 6-baks duwvaart te nemen.

maar dan wel alleen in lange formaties

Direct daaraan gekoppeld kan worden vastgesteld dat dit betekent dat de 6-bakkers zowel geladen als leeg in de lange formatie zullen varen. Ten eerste omdat 2 x ontkoppelen op een traject van enkele tientallen kilometers geen alternatief is, maar meer nog omdat het er voorlopig niet om gaat om 6-bakkers toe te laten maar om een geaccepteerde bovengrens te vinden om toelatingsbeleid aan op te hangen. Het is volstrekt duidelijk dat de komende jaren een eventuele schaalvergroting van de op de SRV gebruikte units zal gebeuren met langzamerhand langer wordende units van wisselende samenstelling die hooguit de beschikbare breedte van de kolk verder uitnuttend dan nu gebruikelijk is, maar zeker met hun breedte blijven binnen de mogelijkheden van de bestaande kolk. Wil 6-baks duwvaart als interpolatiebovengrens in het toelatingsbeleid worden gebruikt dan zal dat gebaseerd moeten zijn op voldoende beheersbaarheid van 6-baksduwsteden in de lange formatie, zowel geladen als leeg.

kleine vragen bij lange geladen 6-bakkers

Met geladen lange 6-bakkers is de laatste jaren veel ervaring opgedaan, zij het steeds met een goede duwboot.

De toelatingsproblemen zullen niet direct liggen bij de geladen 6-bakker. Bij de toelating van 6-baks duwsteden op de Rijn kon zonder meer worden uitgegaan van duwboden van een zeer hoge standaard: groot vermogen, grote stuurkracht, goed achteruitvermogen en goede bestuurbaarheid bij achteruitslaan en achteruit varende. Bij het definiëren van een bovengrens voor toelatingsbeleid is mogelijk een minder hoge standaard mogelijk mits de beheersbaarheid bij lage snelheden en manoeuvrerend gegarandeerd blijft. Open vragen in het kader van toelatingsbeleid zijn minimum eisen aan vermogen en snelheid, stopweg, en manoeuvreervermogen. Dwarsstroom en stroomgradienten kunnen hier hinderlijk zijn. Dwarswind is voor de geladen units geen issue.

grote vragen bij lege lange 6-bakkers

Lege lange 6-bakkers zijn op de vaarweg absoluut nieuw en hun vaargedrag is onbekend. Vermogen en snelheid, stopweg en manoeuvreerkracht zijn bij lege duwsteden veel minder een probleem door de relatief kleine massa van het lege duwstel, mits de duwboot ook geschikt is voor het duwen van dezelfde combinatie, maar dan geladen. Ook hier ligt de situatie gecompliceerder dan op de Rijn. Op de Rijn is men zeker van hetzelfde type boot, geladen en leeg. In het kader van toelatingsbeleid kan men daar niet op rekenen.

beheersbaarheid moet zijn gegarandeerd

Voor lege duwsteden is de alles overheersende vraag de beheersbaarheid, de vetergang en de te anticiperen padbreedte onder omstandigheden met wind. Boegroeren geven kleinere padbreedten tijdens de normale vaart maar zijn onbruikbaar bij manoeuvreren in voorhavens en voor sluizen. Boegschroeven en hun bediening zijn zelfs op duwsteden zo te maken dat de beheersbaarheid bij lage snelheid goed is, maar helpen niet bij het verkleinen van de padbreedte tijdens normale vaart op het kanaal.

boegroeren én boegschroeven

Kennelijk is een combinatie van beide het meest ideaal. (Voor de bedrijfsvoering is géén van beide nog idealer maar dit is op voorhand al uitgesloten door de problemen tijdens manoeuvreren en gaande houden.). Op de Rijn komt men weg met boegroeren. Er zijn geen voorhavens en sluizen. Het is doorgaans breed genoeg om wat over te hebben voor interacties met de overige vaart en om te kunnen varen met het eigen snelheidsregime.

of toch geen boegroeren

Voor toelatingsbeleid op de SRV moet een andere benadering worden gekozen. De te varen snelheid zal daar regelmatig dwingend worden opgelegd door andere schepen en externe omstandigheden. Gedwongen tot gaande houden zijn er minder mogelijkheden dan op de Rijn. Boegroeren zijn in al deze gevallen geen betrouwbaar instrument voor het garanderen van beheersbaarheid. Als het erop aan komt kan er op de Rijn 'een tandje bij' voor een betere bestuurbaarheid, op de SRV moet er noodzakelijkerwijs een tandje af. Boegroeren voldoen dan niet, boegschroeven voldoen beter. Dit betekent bijvoorbeeld dat als het tijdens de reis echt hard zou gaan waaien door het terugnemen van de snelheid een effectievere boegschroef ontstaat en de beheersbaarheid toeneemt. Als ondersteuning bij manoeuvres in de voorhaven en voor de sluis voldoen boegroeren sowieso niet en moet worden teruggevallen op een boegschroef.

In ieder geval een boegschroef

Dit alles leidt ertoe dat in het kader van het ontwikkelen van toelatingsbeleid voor de SRV boegroeren als alternatief voor verbetering van de beheersbaarheid waarschijnlijk moeten worden afgeschreven en een adequaat toelatingsbeleid in principe alleen kan worden gebouwd op boegschroeven in de één of andere vorm

een 2-strooks vaarweg is ook een goede vaarweg

Het breedtebeslag van lege 6-bakkers zonder boegroeren tijdens de normale vaart met wind is groter dan dat van vier-bakkers. Boegschroeven zijn onder deze omstandigheden minder geschikt om de padbreedte terug te brengen. Bij de toelating van de CFNR 6-bakkers met boegschroef op de Rijn was dat een minder zwaar argument omdat de Rijn in het algemeen een breedte heeft met een zekere speelruimte. Op de SRV en het KdZB met minder breedte en meer wind weegt het zwaar. Een geschikte uitweg kan hier zijn de 3-strooks ontwerpnorm te verlaten en te vervangen door een gedifferentieerder norm waarin 2-strooks altijd mogelijk moet zijn, al of niet in combinatie met een frequent optredende maatgevende verkeerssituatie⁴. 3-Strooks ontmoetingen waarbij twee 6-bakkers gemoeid zijn, zijn zo zeldzaam dat het zonde is de gebruiksmogelijkheden van een vaarweg daar aan op te offeren. Onderzoek zal een evenwicht moeten aangeven tussen eisen aan padbreedte van lege 6-bakkers (en dus de basis leggen onder de uitrustingeisen) en de mogelijkheden om de meer frequente verkeerssituaties af te kunnen wikkelen.

conclusie

Gezien het profiel en de lay-out van de vaarweg (Dl. I), gezien de mogelijkheden in de voorhaven en de sluisen (Dl. I & II) en gezien de aard van de hiervoor beschreven problematiek is 6-baksduwvaart, geladen en leeg in de lange formatie, een geschikte bovengrens om het toelatingsbeleid voor de SRV en het KdZB op te funderen.

vervolgstappen

Op basis van deze conclusie ligt de weg open voor de volgende stap naar verruiming van het toelatingsbeleid. In deze stap moet in een kort maar lastig onderzoek *een principe oplossing* worden geformuleerd om door (een vorm van) interpolatie tussen het huidige toelatingsregime en de 6-baks eisen de toelatingseisen te bepalen voor een grote variatie aan andere typen samenstellen. Als dit onderzoek succesvol is moet in de fase daarna de vorm van het toelatingsbeleid daadwerkelijk worden bepaald en moeten de methodiek en de criteria ook kwantitatief worden bepaald. Het doel daarbij blijft om enerzijds de vaarweg optimaal te gebruiken met een minimum aan restricties, anderzijds om aan alle toegelaten gebruikers een vaarweg te bieden waarop vlot en veilig en in het algemeen comfortabel kan worden gevaren.

⁴) Bijvoorbeeld: een ontmoeting tussen een lege 6-bakker en een geladen tweebakker met een oplopend klasse V motorschip.

**MOGELIJKHEDEN TOT VERRUIMING VAN DE TOELATING TOT
DE
SCHELDE-RIJN VERBINDING**

DEELSTUDIE I

**ONDERZOEK NAAR DE MAXIMUM LENGTE VAN SAMENSTELLEN OP DE
SCHELDE-RIJNVERBINDING**

INHOUDSOPGAVE

1. Samenvatting en konklusies	3
2. Inleiding	5
3. Probleemstelling	6
4. Doelstelling	7
5. Uitgangspunten en randvoorwaarden	8
6. Benodigde vaarwegafmetingen voor zesbaks duwvaart	9
6.1. Maatgevende verkeerssituaties	9
6.2. Karakteristieken huidige vaarweg	10
6.2.1. Route via de Schelde-Rijn Verbinding	10
6.2.1.1. Het Hollandsch Diep	10
6.2.1.2. Het Volkerak tot de ingang van de Schelde-Rijn Verbinding	10
6.2.1.3. De Schelde-Rijn Verbinding	10
6.2.2. Route via Kanaal door Zuid-Beveland	11
6.2.2.1. Het Volkerak vanaf splitsing naar de SRV tot de Krammersluizen	12
6.2.2.2. Krammersluizen tot Oosterschelde	12
6.2.2.3. Gedeelte van Oosterschelde	12
6.2.2.4. Kanaal door Zuid-Beveland	12
6.2.2.5. Westerschelde richting Antwerpen.	13
6.3. Resultaten literatuurstudie traditionele zesbaks duwvaart	13
6.3.1. Benodigde vaarweg breedte voor traditionele zesbaks duwvaart	14
6.3.1.1. Strokenmethode	14
6.3.1.2. Parallel met het AR-kanaal.	15
6.3.1.3. Resultaten van Duits onderzoek.	15
6.3.2. Situatie 6-baks in Hartelkanaal	15
6.3.3. Windhinder	16
6.3.4. Beheersbaarheid d.m.v. koproeren en boegschroeven.	16
6.3.4.1. Koproeren	17
6.3.4.2. Boegschroeven	17
6.3.5. Konklusies	18
6.4. Streefbeeld voor traditionele zesbaks duwvaart versus huidige vaarweg	19
6.4.1. streefbeeld toelaatbaarheid traditionele zesbaks duwvaart	19
6.4.2. streefbeeld versus huidige route via de SRV	19
6.4.3. streefbeeld versus huidige route via het KdZB	20
7. Voorhavens bij sluizen	21
7.1. Karakteristieken huidige voorhavens	21
7.1.1. Volkeraksluizen	21
7.1.2. Kreekraksluizen	21
7.1.3. Krammersluizen	21
7.1.4. Sluis Hansweert	21
7.1.5. Conclusies huidige voorhavens	22
7.2. Beheersbaarheid zesbakkers in voorhavens	22
LITERATUURLIJST	24

1. Samenvatting en conclusies

ALGEMEEN

De directies Zeeland en Zuid-Holland krijgen regelmatig verzoeken tot verruiming van de huidige maximum toegelaten afmetingen van schepen op de Schelde-Rijn Verbinding (SRV) en de route via de Krammersluizen en het Kanaal door Zuid Beveland (KdZB). AVV is gevraagd om een onderbouwing te geven voor de beoordeling van deze verzoeken tot het toelaten van grotere schepen om zo tot een consistent aangepast toelatingsbeleid te komen. Dit deelrapport is een tussenstap voor de formulering van een eventueel verruimd toelatingsbeleid.

Bij de rationalisering van het toelatingsbeleid voor grotere units op de SRV en het KdZB is gekozen voor de aanpak van het opzoeken van een reële fysieke bovengrens: zesbaks duwvaart.

Voor de toelating van zesbaks duwvaart zal als randvoorwaarde de afmetingen van de huidige vaarweg en sluizen worden aangehouden. Doordat de sluizen een breedte hebben van 24 m zal zesbaks duwvaart alleen in lange formatie kunnen worden toegelaten.

Het toelaten van lege zesbakkers in lange formatie is voor Nederland nieuw en beheersbaarheid van deze duwstellen is een absolute voorwaarde. De invulling van de beheersbaarheid volgt in een volgende fase van de studie.

Er is een literatuurstudie verricht naar de benodigde vaarwegafmetingen (=streefbeeld) voor zesbaks duwvaart. Voor het toetsen of zesbaks duwvaart mogelijk is op de SRV wordt uitgaande van de literatuurstudie in eerste instantie als maatgevende verkeerssituatie uitgegaan van tweestrooksverkeer waarbij een lege brede zesbakker en een geladen lange zesbakker elkaar ontmoeten.

De resultaten van de verschillende onderzoeken geven een consistent beeld van het streefbeeld van de benodigde vaarwegbreedte voor zesbaks duwvaart:

- Het streefbeeld van de vaarwegbreedte voor 6-bakkers (stilstaand water) bedraagt in een bocht met een straal van 2000 m voor een ontmoeting van een volle lange 6-bakker met een lege brede 6-bakker circa 135 m.
- Voor de rechtstand geldt een reductie van de padbreedte van een lege, brede 6-bakker van 5 m [2] en dit resulteert in een streefbreedte in de rechtstand van circa 130 m.
- Eventuele windhinder wordt opgevangen door actief gebruik te maken van de koproeren.

Hierbij heeft de lege zesbakker op de voorste 2 van de 3 bakken twee stel conventionele koproeren. Het voortstuwend vermogen van de duwboot bedraagt max. circa 5400 pk en is meestal beperkt tot 4500 pk.

STREEFBEELD VERSUS HUIDIGE ROUTE VIA DE SRV

Conclusies:

- Uitgaande van de huidige situatie is de geometrie van de vaarwegvakken en van de sluizen in de SRV voldoende ruim voor het toelaten van zesbaks duwvaart, mits voldaan wordt aan eisen m.b.t. beheersbaarheid en padbreedte. De positieve marge tussen het streefbeeld en de beschikbare breedte bedraagt in de bochten minimaal 10 à 15 m en in de rechtstand minimaal 15 à 20 m.
- De kennis over de manoeuvreerbaarheid van 6-baks duwstellen is voldoende om te concluderen dat haalbare eisen m.b.t. beheersbaarheid en breedtebeslag zullen kunnen worden gevonden om toelating op de SRV een reële optie te laten zijn.
- Zesbaks duwvaart op de SRV is een realistisch uitgangspunt om een gedifferentieerd toelatingsbeleid voor de SRV op te baseren.

Knelpunten in de huidige SRV:

- Door de beperkte breedte bij de sluizen is de lege zesbaks duwvaart gedwongen om in lange formatie te varen hetgeen volstrekt nieuw is in Nederland. Bij de brede lege zesbakker is een padbreedte van 50 m aangehouden in de bocht en 45 m in de rechtstand. Gezien de marge van circa 15 m tussen streefbeeld en huidige vaarwegbreedte in de bocht rijst de vraag of een padbreedte van 65 m voor een lege zesbakker in lange formatie voldoende is.
- Voor lege zesbaksduwstellen in lange formatie zal het voor een veilige verkeersafwikkeling in de voorhavens nodig zijn om extra uitrustingeisen te stellen in de vorm van boegschroeven van voldoende vermogen.
- De haakse bocht met zwaaihoek in België vormt een probleem en dient in overleg met onze Belgische partners te worden onderzocht.

STREEFBEELD VERSUS HUIDIGE ROUTE VIA HET KDZB

Conclusies:

- De geometrie van de vaarwegvakken (benodigde breedte etc) en van de sluizen is zowel voor de SRV als de KdZB route via de Krammer voldoende ruim voor het toelaten van zesbaks duwvaart onder voorwaarden.
- Echter, de KdZB route via de Krammer heeft nautisch gezien meer complicaties dan de SRV. Deze complicaties zijn van een zodanige orde dat op basis van de huidige kennis over de manoeuvreerbaarheid van zesbaks duwstellen niet kan worden besloten dat 6-baks duwvaart op deze route reëel mogelijk zal zijn. Complicerende factoren zijn o.a. de in- en uitvaart van het KdZB door zesbaks duwvaart onder stromingscondities en de beschikbare breedte van het KdZB onder stromingscondities. Uitgebreid simulator-onderzoek zal uit moeten wijzen of 6-baks duwvaart hier mogelijk is.

AANBEVELINGEN

- Aanbevolen wordt het vervolgonderzoek - tenminste voorlopig - te concentreren op de SRV en de bevindingen daaruit, te leggen over de eisen van de KdZB route via de Krammer en opnieuw te beoordelen.
- Voorafgaande aan het onderzoek naar de voorwaarden voor toelating van zesbakkers op de SRV moet worden uitgezocht welke wegen er openstaan om een gedifferentieerd toelatingsbeleid te baseren op interpolatie van wat thans is toegelaten en wat wordt vereist voor 6-baks duwvaart.
- De voorwaarden voor toelating op de SRV moeten nader worden uitgewerkt. Omdat momenteel weinig bekend is over het vaargedrag van een lange lege zesbakker (b.v. onder wind), adviseert AVV om de beheersbaarheid van een lange lege zesbakker zowel bij lage als bij operationele snelheden in een volgende fase van het onderzoek nader te bepalen. Het gaat er daarbij om, om de eisen aan de uitrusting vast te stellen waarmee de beheersbaarheid kan worden gegarandeerd en de padbreedte ook onder moeilijke omstandigheden (lage snelheid, wind) kan worden beperkt. Naast de vaarwegsituatie zal zo'n onderzoek zich ook moeten richten op het gedrag in de voorhavens onder invloed van wind.

2. Inleiding

De directies Zeeland en Zuid-Holland krijgen regelmatig verzoeken tot verruiming van de huidige maximum toegelaten afmetingen van schepen op de Schelde-Rijn Verbinding (SRV) en de route via de Krammersluizen en het Kanaal door Zuid Beveland (KdZB). Deze directies hebben aan AVV gevraagd om een onderbouwing te geven voor de beoordeling van deze verzoeken tot het toelaten van grotere schepen om zo tot een consistent aangepast toelatingsbeleid te komen.

Deze vraagstelling is in het projectplan als volgt geformuleerd: De Directie Zeeland vraagt namens directie Zuid-Holland aan AVV een studie uit te voeren of te begeleiden die antwoord geeft op de volgende vragen:

1. Tot welke maximum lengte kunnen samenstellen (lengte > 200m) op een verantwoorde wijze de Schelde-Rijnverbinding bevaren en de sluizen passeren. Welke maximum breedte en diepgang horen daarbij en onder welke voorwaarden? Is 6-baks duwvaart (lange formatie) in verband hiermee aanvaardbaar?
2. Tot welke maximum breedte kan een samenstel (lengte < 200m) op een verantwoorde wijze de Volkerak- en Kreekraksluizen passeren, zonder dat dit leidt tot aanzienlijke extra invaartijd of verhoogd risico voor de infrastructuur? Welke maximum diepgang en welke andere voorwaarden (max. windkracht? vermogen? actieve boegbesturing? enz.) horen daarbij?
3. Is er een goede grond voor het handhaven van het huidige verschil in maximum toelaatbare lengte tussen afzonderlijke schepen en gekoppelde samenstellen enerzijds (150 m) en duwstellen anderzijds (200 m).

Zoals wellicht bekend bestaat de totale rapportage van deze studie uit een covernota en drie deelrapporten die ieder ingaan op één van de bovenstaande deelvragen. In deze deelstudie I wordt nader ingegaan op de eerste vraag:

Tot welke maximum lengte kunnen samenstellen, langer dan 200 m op een verantwoorde wijze de SRV bevaren en de sluizen passeren en is zesbaks duwvaart in lange formatie (geladen en leeg) in verband hiermee aanvaardbaar?

De vragen betreffen de route vanaf de aansluiting aan de Dordtsche Kil ter hoogte van Willemstad tot aan de Belgische grens. Het betreft hier twee routes, allereerst de route via de Schelde-Rijn Verbinding. Daarnaast zal worden nagegaan in hoeverre de informatie van toepassing kan zijn voor de route vanaf het Volkerak via de Krammersluizen, Oosterschelde en Kanaal door Zuid-Beveland naar Hansweert.

Dit deelrapport is een tussenstap voor de formulering van een eventueel verruimd toelatingsbeleid. Eventuele kennishiaten kunnen in een volgende studie nader worden uitgewerkt waarna een op de praktijk afgestemd toelatingsbeleid kan worden geformuleerd. Een eventueel verruimd toelatingsbeleid heeft zeker invloed op het Belgisch gedeelte van de SRV en heeft zeker de medewerking en de instemming van de Belgische beheerder nodig.

In deze deelstudie is naast de formulering van probleemstelling (H3), doelstelling (H4) en uitgangspunten en voorwaarden (H5) allereerst een beschrijving gegeven van de huidige vaarweg (H6). Parallel daaraan is een literatuurstudie verricht naar een groot aantal vroegere onderzoeken die betrekking hebben op de zesbaks duwvaart. Het blijkt dat in de literatuur uitsluitend onderzoek is verricht naar de traditionele zesbaks duwvaart namelijk, lange geladen formatie en brede lege formatie. Deze resultaten zijn uitvoerig geanalyseerd en op consistentie getoetst en geven daarmee een goed inzicht in de criteria waaraan zowel een vaarweg alsook de duwstellen moeten voldoen voor zesbaks duwvaart (Par 6.3).

Dit streefbeeld voor traditionele zesbaks duwvaart is getoetst aan de huidige vaarweg (Par. 6.4).

Tot slot, is in hoofdstuk 7 apart aandacht besteedt aan de voorhavens bij sluizen. Met name is gekeken naar de huidige karakteristieken (Par. 7.1) en de beheersbaarheid van 6-bakkers in voorhavens (Par. 7.2).

Een overzicht van de bevindingen in deze deelstudie is weergegeven in de samenvatting en conclusies (H2).

3. Probleemstelling

Bij de rationalisering van het toelatingsbeleid voor grotere units op de SRV en het KdZB zijn er twee manieren van aanpak, te weten:

1. Extrapolatie vanuit de huidige praktijk.

Op een aanvraag tot toelating van iets grotere eenheden wordt ontheffing gegeven. Hier wordt ervaring mee opgedaan en er wordt een vergunning afgegeven. Als er meer ervaring mee opgedaan en als blijkt dat een vlotte en veilige verkeersafwikkeling gewaarborgd is wordt het algemeen toegestaan. Bij deze “salami” verruiming wordt stapsgewijs ervaring opgedaan met grotere afmetingen en dit resulteert gemakkelijk in een ingewikkeld toetsingsbeleid om elke individuele vraag apart te beantwoorden.

2. Opzoeken van een reële fysieke bovengrens.

Waarvoor voor de bovengrens de eisen gedefinieerd worden t.b.v. het toelatingsbeleid en voor individuele vragen wordt geïnterpoleerd tussen de eisen aan zes- en vierbakkers. Voor de SRV en het KdZB is zesbaks duwvaart zo’n fysieke bovengrens omdat zesbaks in Nederland een algemene standaard/bovengrens is en deze eenheden ruim in de bestaande kolken passen. Langere eenheden zijn in Nederland niet aan de orde. De suboptie om op alles dat afwijkt van wat nu mag de maximale eisen toe te passen gooit met het badwater het kind weg en is daarmee geen reële oplossing.

In deze studie is gekozen voor de tweede aanpak en de doelstelling luidt dan:

Geef aan onder welke omstandigheden het mogelijk is om zesbaks duwvaart toe te laten op de SRV en het KdZB.

Vraagt dat aanpassingen van de vaarweg? Zoja, wat en waar en wat zijn de eisen aan de zesbaks units?

Beantwoording van deze vragen laat zien of zesbaks duwvaart een geschikte keuze is als fysiek maximaal toelaatbaar. Eventuele toelating van zesbaks duwvaart op de SRV en het KdZB op het Nederlandse deel van de route heeft natuurlijk ook gevolgen voor de Belgische beheerder.

Voor de toelating van zesbaks duwvaart zal als randvoorwaarde de afmetingen van de huidige vaarweg en sluizen worden aangehouden. Doordat de sluizen een breedte hebben van 24 m zal zesbaks duwvaart alleen in lange formatie kunnen worden toegelaten. Dit geldt voor zowel lege als geladen zesbakkers. Het varen in brede lege zesbaks formatie wordt niet als reële optie gezien, omdat dan op betrekkelijk korte afstand tweemaal (Volkerak- en Kreekraksluizen) ontkoppeld moet worden.

Het toelaten van lege zesbakkers in lange formatie is voor Nederland nieuw en beheersbaarheid van deze duwstellen is een absolute voorwaarde. Bij de uitwerking of de huidige SRV en het KdZB geschikt zijn voor het toelaten van zesbaks duwvaart in lange formatie zijn de vaarwegprofielen en de voorhavens van sluizen apart behandeld.

4. Doelstelling

In deze studie is bij de rationalisering van het toelatingsbeleid voor grotere units op de SRV en KdZB gekozen voor het opzoeken van een reële fysieke bovengrens. De doelstelling luidt dan:

Geef aan onder welke omstandigheden het mogelijk is om zesbaks duwvaart toe te laten op de route via de Schelde-Rijn Verbinding alswel op de route via het kanaal door Zuid-Beveland.

5. Uitgangspunten en randvoorwaarden

De uitgangspunten en randvoorwaarden zijn als volgt gedefiniëerd:

- Het studiegebied omvat de vaarroute tussen Willemstad en Antwerpen. Deze bestaat uit twee routes: (1) via de Schelde-Rijn Verbinding (SRV) en (2) die via de route Krammersluizen, Oosterschelde en het Kanaal door Zuid-Beveland (KdZB).
- Voor de SRV en het KdZB is zesbaks duwvaart een fysieke bovengrens voor een eventueel verruimd toelatingsbeleid omdat zesbaks in Nederland een algemene standaard/bovengrens is en deze eenheden ruim in de bestaande kolken passen. Langere eenheden zijn in Nederland niet aan de orde.
- Voor de toelating van zesbaks duwvaart zal als randvoorwaarde de afmetingen van de huidige vaarweg en sluizen worden aangehouden. Doordat de sluizen een breedte hebben van 24 m zal zesbaks duwvaart alleen in lange formatie kunnen worden toegelaten. Dit geldt voor zowel lege als geladen zesbakkers.
- Het varen in brede, lege zesbaks formatie wordt niet als reële optie gezien, omdat dan op betrekkelijk korte afstand tweemaal (Volkerak- en Kreekraksluizen) ontkoppeld moet worden.
- Het toelaten van lege zesbakkers in lange formatie is voor Nederland nieuw en beheersbaarheid van deze duwsteden is een absolute voorwaarde. De invulling van de beheersbaarheid volgt in een volgende fase van de studie.
- Een eventuele verruiming van het toelatingsbeleid op de SRV heeft zeker gevolgen voor Belgische beheerder en heeft dan ook af- en instemming met/van de Belgische beheerder.
- Uit gesprekken en eerdere studies volgt dat er geen directe relatie ligt tussen ongevallen op de SRV en grote duweenheden. Momenteel zijn de potentiële probleemveroorzakers de omgebouwde sleepboten die als duwboot worden gebruikt en nog steeds -zonder aanvullende eisen- worden toegelaten op de SRV.

6. Benodigde vaarwegafmetingen voor zesbaks duwvaart

6.1. Maatgevende verkeerssituaties

De Schelde-Rijn Verbinding kent een jaarlijks aantal scheepspassages van circa 72.000 (1996) en is daarmee een stuk minder druk bevaren dan de Waal, waar jaarlijks circa 166.000 vaartuigen passeren.

Om een vlotte en veilige verkeersafwikkeling te verzekeren wordt er op de Waal naar gestreefd op de rechte stukken 4 vaarstroken en in de bochten 3 vaarstroken beschikbaar te hebben. Als nautisch minimum wordt voor korte knelpunten een zodanige breedte aangehouden dat bij laag water, ontmoetingen tussen duwstellen van het grootst toegelaten type mogelijk zijn. 6-baks is beneden een bepaalde waterstand niet meer toegestaan.

De verkeersintensiteit op de SRV is vergelijkbaar met die op het Amsterdam-Rijn kanaal waar momenteel ook 4-baks duwvaart wordt toegelaten. Het Amsterdam-Rijnkanaal heeft een breedte van 100 m, bakprofiel

De oorspronkelijke ontwerpfilosofie voor de Schelde-Rijn verbinding is het toelaten van 3-strooks verkeer te weten, het ontmoeten van twee maatgevende schepen, in dit geval vierbakkers, met gelijktijdig het oplopen van een klasse IV schip.

Voor het toetsen of zesbaks duwvaart mogelijk is op de Schelde-Rijn Verbinding als bovengrens voor het toelatingsbeleid, wordt niet uitgegaan van de oorspronkelijke 3-strooks filosofie maar wordt als maatgevende verkeerssituatie (streefmaat) uitgegaan van 2-strooksverkeer waarbij twee zesbaks duwstellen elkaar altijd kunnen ontmoeten.

3-strooks ontmoetingen waarbij twee zesbakkers zijn betrokken, zijn zo zeldzaam dat het niet gerechtvaardigd is om die situatie als ontwerpnorm te hanteren.

Deze tweestrooks benadering is ook gangbaar als streefmaat op vaarwegen met overeenkomstige verkeersintensiteiten zoals de Oude Maas en het Hartelkanaal [6].

De windeis die vroeger in het toelatingsbeleid was opgenomen, is in de loop van de jaren losgelaten.

Ook in een eventueel verruimd toelatingsbeleid moet een dergelijke eis worden vermeden.

Voor het windklimaat op de SRV wordt verwezen naar de literatuur [9].

Uit de hierna beschreven literatuurstudie blijkt dat in het verleden uitsluitend onderzoek is gedaan naar de benodigde vaarwegbreedte voor een ontmoeting van een geladen zesbakker in lange formatie met een lege zesbakker in brede formatie. Dit geeft de situatie weer zoals die tot nu toe gebruikelijk en toegelaten is op de zesbaks vaarwegen in Nederland. We noemen dit de traditionele zesbaks duwvaart.

In eerste instantie is daarom in de volgende paragrafen het streefbeeld van de benodigde vaarwegbreedte voor traditionele zesbaks duwvaart vergeleken met de huidige Schelde-Rijn verbinding.

6.2. Karakteristieken huidige vaarweg

Zoals reeds gesteld, omvat het studiegebied de vaarroute vanaf de aansluiting aan de Dordtsche Kil t.h.v. Willemsstad tot aan de Belgische grens. Deze bestaat uit twee vaarroutes, te weten: (1) de Schelde-Rijn verbinding via de Kreekraksluizen en (2) de route vanaf het Volkerak via de Krammersluizen en het kanaal door Zuid-Beveland naar Hansweert beschouwd. In onderstaande paragrafen wordt een beschrijving gegeven van beide routes.

6.2.1. Route via de Schelde-Rijn Verbinding

De route via de Schelde-Rijn Verbinding bestaat grofweg uit de volgende gedeelten:

1. Het Hollandsch Diep;
2. Het Volkerak tot de ingang van de Schelde-Rijn Verbinding;
3. De Schelde-Rijn Verbinding.

6.2.1.1. Het Hollandsch Diep

Het Hollandsch Diep tussen de Dordtsche Kil en de Volkeraksluizen is reeds bevaarbaar voor traditionele zesbaks duwvaart in geladen lange formatie (3*2 bakken) en lege brede formatie (2*3 bakken) en heeft een bevaarbare breedte tussen de 400 en 700 m.

6.2.1.2. Het Volkerak tot de ingang van de Schelde-Rijn Verbinding

Het Volkerak is een min of meer rechte vaarweg en bevaarbaar voor schepen klasse VIb (4-baks) met een bevaarbare breedte variërend tussen circa 150 m en 700m en een waterdiepte tussen de 6 en 12 m. Het betreft hier een ruim overzichtelijk vaarwater zonder nautische obstakels als b.v. bruggen. Alleen bij de splitsing naar de SRV of de Krammersluizen is sprake van kruisend verkeer.

Na een eerste analyse van de vaarweg kan worden geconcludeerd dat dit deel van de vaarweg geen problemen zal opleveren voor het toelaten van 6-baks duwvaart.

6.2.1.3. De Schelde-Rijn Verbinding

Het Nederlandse deel van de Schelde-Rijn verbinding loopt vanaf de monding bij het Volkerak tot aan de Nederlands-Belgische grens en heeft een lengte van 32,8 km. Het aansluitende belgische deel heeft een lengte van circa 5,8 km, totaal dus 38,6 km. Het Belgische deel van de vaarweg wordt niet meegenomen in deze studie echter het eventueel toelaten van 6-baks duwvaart op het Nederlands deel heeft ongetwijfeld consequenties voor het belgische deel. In een eventuele latere fase zal worden gekeken naar het belgische deel waar nu nog een bocht van 90 graden in zit met een 'zwaai deel'. Dit natuurlijk in nauw overleg met onze belgische collega's. In het algemeen wordt gesteld dat de SRV een ruim opgezette vaarweg is met relatief weinig obstakels en geschikt voor 4-baksduwvaart (3-strooksverkeer). De maatgevende verkeerssituatie is een ontmoeting tussen 2 vierbakkers en een oplopend klasse IV schip.

Wat betreft de vaarwegkarakteristieken kan het kanaal worden opgesplitst in een drietal delen:

1. Monding SRV (km 0,4) - tot zuidzijde Tholen (km 14,1);
2. Zuidzijde Tholen (km 14,1) tot Kreekraksluizen (km 24,1);
3. Kreekraksluizen (km 24,1) tot Antwerpen.

Ad 1: monding SRV (km 0,4) - tot zuidzijde Tholen (km 17,3);

Dit gedeelte bestaat grotendeels uit twee ruime bochten met een boogstraal van circa 2000 m en loopt tussen het eiland Tholen en Noord-Brabant door. Op een drietal plaatsen wordt de vaarweg gekruist door een brug: Slaakbrug; Vossemeersebrug en de Tholensebrug waar een plaatselijke versmalling optreedt tot 135 m bevaarbare breedte.

De bodembreedte van het kanaal is in deze sectie 120 m en de oevers bestaan uit een taludprofiel van circa 1:5. De waterdiepte bedraagt circa 6 m en de breedte op kanaalpeil bedraagt 220 m. Uitgaande van twee elkaar ontmoetende geladen 6-bakkers (kiel diepte van 4 m) resulteert dit in een bevaarbare breedte van circa 140 m. Bij de maatgevende verkeerssituatie voor traditionele zesbaksduwvaart: een ontmoeting van een geladen (kiel diepte 4 m) met een ongeladen 6-bakker (kiel diepte circa 2 m) is de bevaarbare breedte circa 150 m.

Ad 2: zuidzijde Tholen (km 17,3) tot Kreekraksluizen (km 24,1)

Het betreft hier een rechte overzichtelijke vaarweg van de zuidzijde van het eiland Tholen tot de Kreekraksluizen, zonder nautische obstakels.

De vaarweg is hier iets ruimer met een bodembreedte van 150 m en een waterdiepte van 7 m. Uitgaande van taluds van circa 1:5 resulteert dat in een bevaarbare breedte op kiel diepte 4 m van circa 180m. Bij de maatgevende verkeerssituatie voor traditionele zesbaksduwvaart: een ontmoeting van een geladen met een ongeladen 6-bakker levert dit een bevaarbare breedte op van circa 190 m, hetgeen globaal overeenkomt met de betonning.

Ad 3: Kreekraksluizen (km 24,1) tot Antwerpen

Het gedeelte ten zuiden van de Kreekraksluizen bestaat uit een recht vaarwegvak en een flauwe bocht met een bochtstraal van 2000m met een bodembreedte van 120 m. Echter in het laatste gedeelte, in België, zit een haakse bocht. Het belgische deel wordt eventueel in een volgende fase nader bekeken en dient afgestemd te worden met de Belgen.

Ook dit zuidelijk deel van het kanaal heeft een taludprofiel van circa 1:5 met een waterdiepte van 5.5 m. De bevaarbare breedte bij traditionele zesbaksduwvaart bedraagt dan circa 135 m op - 4 m kanaalpeil en 145 m bij een ontmoeting van een geladen en een leeg zesbaks duwstel (maatgevende situatie). De kanaalbreedte aan het oppervlak is 160 m. De hier aanwezige bruggen leveren geen breedte beperking op.

6.2.2. Route via Kanaal door Zuid-Beveland

In het kader van dit project wordt niet alleen gekeken naar de Schelde-Rijn Verbinding, maar ook de alternatieve route via de Krammersluizen en Hansweert komt aan de orde. Dat is de vaarroute vanaf de Volkerak-sluizen, via Volkerak, Krammer, Oosterschelde, Kanaal door Zuid-Beveland en de Westerschelde naar Antwerpen.

In de voorgaande paragraaf is een deel van deze vaarweg al besproken. De alternatieve vaarroute wordt opgedeeld in de volgende secties:

1. het Volkerak vanaf de splitsing naar de Schelde-Rijnverbinding tot de Krammersluizen;
2. De Krammersluizen tot Oosterschelde.;
3. Oosterschelde;
4. Kanaal door Zuid-Beveland dat loopt van de Oosterschelde (Wemeldinge) naar de Westerschelde (Hansweert);
5. Westerschelde richting Antwerpen.

In de volgende subparagrafen worden de kenmerken en specifieke knelpunten van deze deeltrajecten beschreven.

6.2.2.1. Het Volkerak vanaf splitsing naar de SRV tot de Krammersluizen

Het Volkerak is vanaf de splitsing met de Schelde-Rijn Verbinding, Vaarwegklasse VIb, 4-baks duwvaart. De bevaarbare breedte varieert tussen 200 en 400 m. en de diepte is circa 7.0 m. Er liggen geen bruggen in dit traject. Het eerste obstakel voor de schepen is het Krammersluizencomplex.

6.2.2.2. Krammersluizen tot Oosterschelde

Dit vaartraject is weer op te delen in de Krammer, Zijpe, Mastgat en Keeten. Het gehele traject heeft een totale lengte van 17.7 km en is vaarwegklasse VIb. Voor de 4-baks duwvaart gelden maximale toelaatbare afmetingen van 200.0 * 23.0 m.

De vaarwegbreedte varieert tussen de 200 en 1000 m en de vaarweg staat via de Oosterscheldekering in open verbinding met zee en is daarmee onderhevig aan getijstroming. De waterhoogte is dus afhankelijk van het tij van de Oosterschelde en de diepte is minimaal 6.31 m. De bocht tussen Krammer en Zijpe is ruim opgezet en vormt geen knelpunt voor eventuele zesbaksduwvaart.

Er liggen geen bruggen over dit vaarwegtraject en de minimale breedte bedraagt minsten 200 m. Dit traject wordt gekenmerkt als ruime overzichtelijke vaarweg echter, de getijstroming is een extra punt van aandacht voor de eventuele toelating van zesbaks duwvaart.

6.2.2.3. Gedeelte van Oosterschelde

Voordat de vaarroute de hoofdvaargeul van de Oosterschelde kruist bestaat dit traject uit de wateren Witte Tonnen Vlije en het Brabantsche Vaarwater (kortste route). Daarna wordt de Oosterschelde overgestoken. De totale lengte van dit traject tot het begin van het Kanaal door Zuid-Beveland bedraagt 8.5 km en is vaarwegklasse VIb, 4-baks.

De bevaarbare breedte ligt in het algemeen tussen de 200 en 420 m en de diepte is minimaal 5.0 m (LLWS). Er bevinden zich geen bruggen of sluizen in dit traject. Bij de zuidelijke uitloop Witte Tonnen Vlije en het Brabantsche Vaarwater is een plaatselijke versmalling tot 160 m. Maximaal toegestane afmetingen van de schepen is 200 * 23.0 m.

Mogelijke knelpunten voor de toelating van zesbaksduwvaart op dit traject zijn:

- De getijdebeweging veroorzaakt stroming in de Oosterschelde en in de aanliggende vaarwegen.
 - Het wind- en golfklimaat nabij de Oosterschelde is ongunstig voor lange duwcombinaties.
 - Bij het varen met volle bakken met maximale diepgang moet er gevaren worden op basis van tijvensters.
- Dit stemt misschien niet altijd overeen met bedrijfseconomische vaarroosters.

6.2.2.4. Kanaal door Zuid-Beveland

Het Kanaal door Zuid-Beveland (KdZB) staat in open verbinding met de Oosterschelde. Aan de zuidzijde vormt het sluizencomplex te Hansweert de verbinding met de Westerschelde. Het KdZB is vaarwegklasse VIb en heeft een lengte van 10.2 km inclusief de sluizen en voorhavens van Hansweert. De waterstand in het kanaal is onderhevig aan de getijbeweging van de Oosterschelde. Bij waterstanden hoger dan NAP-0.75 m is een diepgang van 4.75 m toegestaan, de toegestane diepgang neemt af als de waterstand lager is dan NAP-0.75 m. Voor de duwvaart gelden de maximale afmetingen van 200 * 23.0 m.

De monding van het kanaal in de Oosterschelde heeft een bodembreedte van 127 m op een diepte van NAP-7.5 m. De bodem van het kanaal ligt op NAP -7.5 m (de onderhoudsdiepte is NAP -7.25 m) en heeft een minimale bodembreedte van 130 m een talud van circa 1:4. Dit betekent dat de minimale bevaarbare breedte voor twee geladen zesbaks duwsteden (kiel diepte 4 m) circa 145 m is.

Voor de maatgevende situatie in traditionele zesbaks duwvaart: het ontmoeten van een leeg en een geladen 6-baks duwstel geldt een minimale vaarwegbreedte van 155 m.

In dit traject liggen een drietal bruggen over de vaarweg met dezelfde karakteristieken, te weten: de Postbrug (km 3.6), de Spoorwegbrug (km 6.7) en de Vlakebrug (km 6.7) met een beweegbaar gedeelte van 25 m breed en NAP+9.50 m hoog en een vast gedeelte met een breedte van 120 m en een hoogte van NAP+10.50 m. Hier is dus sprake van een versmalling van de vaarweg tot 120 m en daarmee vormen de bruggen een nautisch obstakel.

Ter plaatse van de kruising met de Vlaketunnel in de A58 (km 7.0) is de doorvaartbreedte beperkt tot 115.0 m en is er een verondieping van de aanlegdiepte van het kanaal tot NAP -6.75 m (de onderhoudsdiepte is NAP -6.5 m).

Mogelijke knelpunten voor de toelating van zesbaksduwvaart zijn:

- De invaart in het KdZB vanuit de Oosterschelde bij van richting wisselende dwarsstroming door het getij op de Oosterschelde. Toelating van 6-baks duwvaart is hier alleen mogelijk na uitgebreid simulatoronderzoek.
- De versmalling bij de bruggen tot een doorvaartbreedte van 120 m en bij de Vlaketunnel tot 115 m.
- De zuidelijke voorhaven van Hansweert is sterk onderhevig aan stroming t.g.v. het getij op de Westerschelde. Het is niet eenvoudig (en misschien geeneens mogelijk) om een zesbaksduwstel beheersbaar te houden in de voorhaven en tijdens het in- en uitvaren van de zuidelijke voorhaven.
- Bij het uitvaren van de Zuidervoorhaven naar de Westerschelde kan de interferentie met de zeevaart gevaarlijke situaties opleveren. Simulatoronderzoek zal uit wijzen of 6-baks duwvaart hier een reële optie is.
- Bij het varen met volle bakken met maximale diepgang moet er gevaren worden op basis van tijvensters. Dit stemt niet altijd overeen met bedrijfseconomische vaarroosters.

6.2.2.5. Westerschelde richting Antwerpen.

De Westerschelde is een druk bevaren vaarweg, waar veel moeilijk manoeuvreerbare zeeschepen passeren. Het varen op een open zeearm met een zesbaksduwstel is nog niet onderzocht, maar het golf- en windklimaat zal de manoeuvreerbaarheid zeker niet bevorderen. De Westerschelde is nu Vaarwegklasse VIc. De breedte varieert (landinwaarts vanaf Hansweert) van 150 tot 900 m en de bodemdiepte van NAP-27.5 tot NAP-8.6 m. De waterstand bij Hansweert fluctueert tussen NAP+2.42 m (HW) en NAP-2.58 m (LLWS).

Mogelijke knelpunten voor de toelating van zesbaksduwvaart:

- Interferentie tussen duwstellen en intensieve zeevaart.
- Wind- en golfklimaat verminderen manoeuvreerbaarheid en beheersbaarheid van duwstellen.
- De slingerende vaargeul vergroot de benodigde padbreedte voor lange duwstellen.

6.3. Resultaten literatuurstudie traditionele zesbaks duwvaart

Er is een literatuurstudie verricht naar de benodigde vaarweg breedte voor zesbaksduwvaart. Hierbij is zowel gekeken naar de resultaten van diverse onderzoeken als wel zijn de meetvaarten nader geanalyseerd. Bijna alle onderzoeken hebben betrekking op vaarcondities op een stromende rivier, bv de Waal, met een stroomsnelheid van 4 - 6 km/uur en krappe bochten met een wisselend rivierpeil.

Uit de hierna beschreven literatuurstudie blijkt dat in het verleden uitsluitend onderzoek is gedaan naar de benodigde vaarwegbreedte voor een ontmoeting van een geladen zesbakker in lange formatie met een lege zesbakker in brede formatie. Dit geeft de situatie weer zoals die tot nu toe gebruikelijk en toegelaten is op de zesbaks vaarwegen in Nederland. We noemen dit het streefbeeld voor de traditionele zesbaks duwvaart.

De benodigde vaarweg breedte voor traditionele zesbaks duwvaart zoals die uit de literatuurstudie volgt (=streefbeeld) geldt in eerste voor de stromende rivier de Waal en zal dus aangepast moeten worden aan de condities die gelden in het ruim opgezette kanaal met stilstaand water en ruime overzichtelijke bochten.

Echter, de traditionele zesbaks duwvaart is niet maatgevend voor de SRV. Er is in de randvoorwaarden gesteld dat voor de SRV als maatgevende verkeerssituatie geldt: een ontmoeting van een lange lege zesbakker met een lange geladen zesbakker. Dit i.v.m. de beperkte doorvaartbreedte van 24 m bij beide sluizen.

Blijft de vraag: Hoe verhoudt zich in de operationele vaart de vaarstrookbreedte van een brede lege zesbakker zich tot die van een lange lege zesbakker? En dan met name onder windcondities. Aangezien daar op dit moment vanuit de literatuur niets over bekend is, zal dit eventueel in een volgende fase nader bepaald moeten worden.

6.3.1. Benodigde vaarweg breedte voor traditionele zesbaks duwvaart

Uit de literatuurstudie blijkt dat er verschillende methoden c.q. benaderingen zijn om de benodigde vaarweg breedte voor twee strooks traditionele zesbaks duwvaart te bepalen. Maatgevend zijn dan een ontmoeting tussen een geladen lange en een lege brede zesbakker.

Deze methoden zijn:

1. Strokenmethode;
2. Parallel met het Amsterdam Rijn Kanaal;
3. Resultaten van Duits onderzoek.

6.3.1.1. Strokenmethode

In de strokenmethode bestaat de totaal benodigde vaarwegbreedte uit een aantal vaarstroken (=padbreedtes) voor de verschillende type schepen met daartussen veiligheidsstroken. Deze verschillende breedtes worden opgeteld en resulteren in de benodigde vaarwegbreedte. Hierbij zijn voor een traditionele ontmoeting tussen twee zesbakkers de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 6-baks geladen in lange formatie;
- 6-baks leeg in brede formatie met op de voorste 2 bakken, 2 stel conventionele koproeren, niet actief gebruikt;
- Vaarstrookbreedtes (padbreedtes) en veiligheidsstroken conform literatuur opgaven [1] en [7].
- Er wordt uitgegaan van de rivier de Waal met stroomsnelheden tussen de 4 tot 6 km/uur.

De strokenmethode geeft een bovengrens voor de breedte van de vaargeul zonder rekening te houden met interacties tussen de schepen en kent een aantal bezwaren als verkeersintensiteit en samenstelling wijzigen. Bij lage intensiteit volstaat het de breedte te dimensioneren op basis van maatgevende schepen. Bij hoge intensiteiten speelt de interactie tussen alle aanwezige schepen een rol.

Voor de bochten en de rechte vaarwegvakken wordt een streefbreedte bepaald. De 3 bochten in de SRV op het Nederlandse grondgebied hebben een bochtstraal van 2000 m en zijn allen ruim en overzichtelijk uitgevoerd.

Padbreedtes:

Bij niet actief gebruik van de koproeren en zonder wind bedraagt de padbreedte van een lege zesbakker in brede formatie bij een bochtstraal van 2000 m circa 50 m [1].

De padbreedte van een geladen 6-bakkers in lange formatie is voor bochten en rechtstand min of meer gelijk (kleine drifthoeken) en bedraagt 35 m [2].

Veiligheidsstroken:

De gesommeerde veiligheidsstroken bedragen voor 6-baks duwstellen in een krappe bocht in de stromende rivier de Waal 60 m. Uit [9] blijkt dat als som van de veiligheidsstroken voor ontmoetingen van maatgevende schepen: $2 \cdot 0.5B(6\text{baks-lang}) + 2 \cdot 0.5B(6\text{baks-breed}) = 22.8 + 34.2 = 57 \text{ m}$ wordt aangehouden.

Omdat de SRV stilstaand water is en ruime bochten heeft wordt hier een reductie toegepast van circa 7 -10 m zodat de som van de veiligheidsstroken 50 m bedraagt.

Dit resulteert in een streefbreedte van de vaarweg (stilstaand water) in een bocht met een straal van 2000 m voor een ontmoeting van een volle lange 6-bakker met een lege brede 6-bakker van circa $35 + 50 + 50 = 135 \text{ m}$. Voor de rechtstand geldt een reductie van de padbreedte van een lege, brede 6-bakker van 5 m [2] en resulteert in een streefbreedte in de rechtstand van circa 130 m.

Hierbij is uitgegaan van een brede lege zesbakker (max. 5400 pk, meestal beperkt vermogen tot 4500 pk) met op 2 van de voorste 3 bakken een stel conventionele koproeren die niet actief worden gebruikt, zonder wind.

Deze streefbreedte wordt bevestigd door ref [7] waarin voor de stromende rivier de Waal de totaal benodigde vaarwegbreedte als functie van de bochtstraal is gegeven voor tweestrooksverkeer met vier- of zesbaks duwstellen. Bij een bochtstraal van 2000 m, onder stromingscondities, geldt een benodigde bevaarbare breedte voor een ontmoeting van twee 4-bakkers c.q. een ontmoeting van twee 6-bakkers van 113 m, resp 139 m.

Indien tijdens zo'n ontmoeting nog één vaarstrook voor de overige vaart (klasse IV-schip) beschikbaar moet blijven, dient in bochten met $R=2000$ m bovenstaande waarden met 20 m te worden vermeerderd. Echter, voor deze 3-strooks benadering is hier niet gekozen.

6.3.1.2. Parallel met het AR-kanaal.

Het Amsterdam-Rijn kanaal is geschikt voor 4-baks duwvaart en heeft een normbreedte van 100 m (bakprofiel). In de maatgevende bochten op de Waal is uit onderzoek - gebaseerd op de stromentheorie - gebleken (ref [1] en [3]) dat een ontmoeting van twee 6-baksduwstellen circa 30 m meer vaarwegbreedte behoeft dan een vergelijkbare 4-baks ontmoeting. Dit zou een voor de rechtstand een streefbreedte inhouden van circa 130 m.

6.3.1.3. Resultaten van Duits onderzoek.

In Duitsland is door het VBD eind jaren 80 ook een groot aantal proeven uitgevoerd met duwstellen in prototypes bij verschillende condities. Op grond van deze metingen aangevuld met beschouwingen over de benodigde veiligheidsafstanden tussen schip/schip en schip/oever, komt men daar tot de volgende aanbevelingen:

De streefbreedte in rivierbochten met een bochtstraal van 2000 m en met een stroming van 3 tot 6 km/uur waarbij twee duwstellen elkaar ontmoeten bedraagt:

2-bakkers	een benodigde breedte van 63 m;
4-bakkers	108m;
6-bakkers	129 m.

Deze aanbevelingen zijn redelijk in overeenstemming met de resultaten van RWS-DVK uit model- en prototype onderzoek.

6.3.2. Situatie 6-baks in Hartelkanaal

Het Hartelkanaal staat in open verbinding met zee en is daarmee onderhevig aan getijstroming. Gezien de lage intensiteit van voorkomen van duwstellen speelt ook hier 3-strooks verkeer geen rol.

De bevaarbare breedte in het Hartelkanaal waarbij de ontmoeting van twee 6-baks eenheden maatgevend is bedraagt circa 145 m, maar varieert op een aantal plaatsen.

Bijvoorbeeld bij de versmalling t.h.v. de Beerdam bedraagt de bevaarbare breedte slechts 100m. Ook de Harmsenbrug heeft een doorvaartbreedte van 103 m. Op beide plaatsen zijn ontmoetingen tussen zesbakkers verboden.

Door de krappe bocht ($R=1400$ m) bij Geervliet/Heenvliet en een bevaarbare breedte van circa 130 m zijn ook hier ontmoetingen van 6-baks eenheden verboden. Dit sluit aan bij ref [7] waar gesteld wordt dat de benodigde breedte voor 6-baks ontmoetingen in een bocht met een straal van 1400 m, circa 150 m bedraagt.

Op het kanaal is geen aparte verkeersbegeleiding aanwezig, wel vaart er een patrouilleboot. Na de opening van de Beerdam is het Verkeers Begeleidings Systeem (VBS) uitgebreid met radardekking bij de Beerdam en bij de monding van het kanaal i.v.m. kruisend verkeer.

Evaluatie van gemaakte proefvaarten aldaar [6] laat zien dat het manoeuvreergedrag van 6-bakkers goed is, alhoewel er iets meer roeruitslag is dan bij 4-bakkers. Door goede onderlinge afspraken levert de interactie tussen zesbaks duwstellen en de overige scheepvaart geen problemen op. Ontmoetingen met kleine duwbotten, vaak 2 bakken met omgebouwde sleepboot, leverde door gering motorvermogen van de 2-bakkers soms problemen op.

Simulatoronderzoek van het WL [6] uitgevoerd door ervaren kapiteins liet zien dat de wind alleen op de rechte vaarwegvakken overheerste, in de bochten is de invloed nauwelijks merkbaar.

6.3.3. Windhinder

Windhinder speelt in het algemeen alleen bij leegvaart en in deze studie is uitgegaan van eerder gedaan onderzoek op lege zesbaksdwustellen in brede formatie.

Uit windtunnelonderzoek [1] en [3] blijkt dat bij zijwind van BF 5 à 6 de afvaart van lege zesbakkers in de brede formatie geen bijzondere problemen oplevert mits deze dwustellen op 2 van de voorste bakken zijn voorzien van 2 stel koproeren. Er is zowat geen verschil tussen 4- en 6-baks. Bij dezelfde drifthoek zijn de krachten op het onderwaterschip van de zesbakker ca 25% groter dan bij 4-baks zodat 6-baks bij wind een kleinere drifthoek heeft. Volgens computersimulaties van DVK-RWS heeft met sterke wind een lege 4-bakker ongeveer evenveel padbreedte nodig als een lange lege 2-bakker [9].

Een wiskundig manoeuvreer model toont aan [3] dat de padbreedte voor 6-baks bij geringe dwarswind een bakbreedte groter is dan voor 4-baks, maar dat bij wind sterker dan windkracht 6 à 7 Bf de situatie omgekeerd is. Dit wordt veroorzaakt door de grotere afmetingen onder water en het extra stel koproeren. Bij harde wind > 7 BF en bij 50% gebruik van de koproeren is de padbreedte van een lege 6-bakkers zelfs 0.9* de breedte van een 4-bakker [3]. Uitgevoerde meetvaarten tonen aan dat de modeluitkomsten te groot zijn.

De beheersbaarheid van lege, brede 6-bakkers is onderzocht aan de hand van simulatoronderzoek [3]. Aangezien hier in overleg met de kapiteins uit een aantal mogelijke situaties, alleen de moeilijkste situaties zijn gesimuleerd is er sprake van een risico zoekend karakter van deze benadering. De situaties zijn verzonnen maar wel realistisch en de scheepvaart in de simulator volgt een vaste baan.

Zowel schippers als duwbootkapiteins zijn eensgezind over de moeilijke situaties. Volgens hen is de verkeerssituatie veel bepalender dan wind, mist of lage waterstand. Dit onderzoek [3] leidde tot de volgende resultaten en conclusies:

- Bij de gesimuleerde moeilijke verkeerssituaties voor de gebruikers komt de ruimte die dan nog theoretisch beschikbaar is goed overeen met de strokenbenadering en is daarmee een goed criterium voor de toelaatbaarheid.
- Er zijn geen significante verschillen voor het varen met 4- en 6-bakkers.
- Varen op radar bij mist is voor zowel 4- als 6-bakkers moeilijk.
- Het varen bij windkracht 5 of 7 maakt weinig verschil voor de schippers. De kapiteins zijn in staat om bij operationele vaarsnelheden de wind op te vangen door actief gebruik te maken van de boegroeren

Proefvaarten met windkracht Bf 7 tonen aan dat 6-bakkers veel minder last hebben van de wind dan bijv. containerschepen [3].

Geconcludeerd wordt dat het extra breedtebeslag bij zijwind bij een lege zesbakker in brede formatie niet groter is dan bij vierbakkers.

6.3.4. Beheersbaarheid d.m.v. koproeren en boegschroeven.

De beheersbaarheid van lege 6-bakkers bij sterke wind en de manoeuvreerbaarheid ervan in b.v. voorhavens is van groot belang. Twee belangrijke hulpmiddelen hierbij die eventueel als toelatingseis kunnen worden gesteld zijn de toepassing van koproeren en/of boegschroeven.

Er wordt bij de onderzoeken en in de praktijk uitgegaan van lege 6-bakkers in brede formatie met op 2 van de drie voorste bakken een stel conventionele koproeren en een geïnstalleerd voortstuwingsvermogen van de duwboot van max. circa 5400 pk. Meestal is het beperkt tot 4500 pk.

6.3.4.1. Koproeren

Konventionele boegroeren met een nat oppervlak van circa 1.1 m² kunnen worden verbeterd door ze bv. te verdiepen. Het nat oppervlak wordt dan 1.9 m². Ook kunnen ze vergroot worden (nat. opp 3.1 m²) zie [4]. Verbeterde koproeren (diepstekend) kunnen t.o.v. conventionele koproeren het breedtebeslag bij veel lagere snelheden effectief beperken. Alle koproeren werken minder goed bij lage snelheden en zijn het meest effectief bij operationele snelheden. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat schippers/kapiteins prima in staat zijn om windhinder op te vangen door actief gebruik te maken van de koproeren [3].

Voor de padbreedtes bij verschillende typen koproeren en vaarsnelheden wordt verwezen naar [3].

Grote boegroeren [4] hebben een negatieve invloed op de koersstabiliteit van de lege duwstellen. Dit betekent dat de duwstellen veel sneller reageren op kleine hoofdruer uitslagen, de duwstellen reageren "onrustiger". Omdat lege duwstellen relatief zeer snel op het roer reageren, kunnen grote boegroeren een negatieve invloed hebben op de bestuurbaarheid van de lege duwstellen. Voor tabellen waarin de drifhoek, padbreedte en roerhoek van lege duwstellen zonder en met boegroeren is weergegeven bij windkracht 8 BF wordt verwezen naar [4].

6.3.4.2. Boegschroeven

Boegschroeven worden in grotere motorschepen steeds vaker toegepast en hadden zo'n tien jaar geleden een vermogen van gemiddeld 250 KW. Tegenwoordig is dat al gegroeid tot circa 500 KW.

Voor duwende motorschepen met één bak op kop geldt een vergelijkbare beheersbaarheid als voor een motorschip met een boegschroef van 250 KW als het vermogen van de boegschroef circa 1,5 à 1.7 maal zo groot is [9]. Een duwend motorschip met 3-bakken heeft een vergelijkbare beheersbaarheid bij een boegschroef met een vermogen van circa 600 à 700 KW. Het effect van een boegschroef op de padbreedte bij windkracht BF8 is weergegeven in [4].

In 1994 is een onderzoek gedaan naar de toelating van zesbaksduwstellen in lege brede formatie met boegschroeven in de duwbak op de stromende rivier de Waal [8]

Deze studie heeft tot de volgende resultaten geleid:

Er zijn drie snelheidsgebieden t.o.v. het water te onderscheiden:

- het echte manoeuvreergebied (< 3 m/s)
 - één boegschroef, van minimaal 250 KW, is effectiever dan 2 stel conv. boegroeren.
- het middengebiet (3-4 m/s); doorgaande vaart bij druk verkeer; teruggenomen snelheid in anticiperende situaties..
 - één boegschroef is gemiddeld even effectief als 2 stel conv. boegroeren echter door asymmetrie iets slechter.
 - twee boegschroeven presteren beter dan de boegroeren.
- het operationele gebied (4-5 m/s); doorgaande vaart
 - één boegschroef is gemiddeld veel minder effectief dan 2 stel conv. boegroeren en presteert onvoldoende er zijn grote verschillen in effectiviteit tussen bakboord en stuurboord indien er één schroef wordt gebruikt.
 - bij twee boegschroeven ligt de effectiviteit iets lager dan boegroeren.

Het advies luidde om lege zesbaksduwstellen uitgerust met één boegschroef in de bak niet toe te laten op de Waal. Wel wordt geadviseerd om gezien de hoge beheersbaarheid bij lagere snelheden, en de geringe verschillen tussen beide vormen van boegbesturing bij de operationele snelheden, lege zesbaksduwstellen met 2 boegschroeven van ieder 250 KW die geplaatst zijn voorin de buitenste voorste bakken toe te laten conform het huidige toelatingsregime.

In moeilijke situaties kan het schip snelheid verminderen zodat de boegschroeven effectiever inzetbaar zijn en zodoende meer mogelijkheden bieden om het schip beheersbaar te houden.

6.3.5. Konklusies

Streefbeeld vaarwegbreedte:

- Het streefbeeld van de vaarwegbreedte (stilstaand water) bedraagt in een bocht met een straal van 2000 m voor een ontmoeting van een volle lange 6-bakker met een lege brede 6-bakker circa $35 + 50 + 50 = 135$ m
 - Voor de rechtstand geldt een reductie van de padbreedte van een lege, brede 6-bakker van 5 m [2] en resulteert in een streefbreedte in de rechtstand van circa 130 m.
- Hierbij is uitgegaan van een brede lege zesbakker (max. vermogen 5400 pk, meestal beperkt tot 4500 pk) met op 2 van de voorste 3 bakken een stel conventionele koproeren die niet actief worden gebruikt, zonder windhinder.

Windhinder:

- Windhinder speelt in het algemeen alleen bij leegvaart en uit de literatuur blijkt dat alleen onderzoek is gedaan naar lege zesbakduwstellen in brede formatie [3].
- Uit windtunnelonderzoek, wiskundige manoeuvreermodellen en simulatoronderzoek uitgevoerd door ervaren kapiteins blijkt unaniem dat de windhinder bij doorgaande vaart met vierbakkers en brede zesbakkers ongeveer gelijk is en geen problemen oplevert mits deze duwstellen op 2 van de voorste bakken zijn voorzien van 2 stel koproeren. De padbreedte bij sterke wind en bij 50% gebruik van de koproeren is ongeveer gelijk [3].
- Het varen bij windkracht 5 of 7 maakt weinig verschil voor de schippers. De kapiteins zijn in staat om bij doorgaande vaart de wind op te vangen door actief gebruik te maken van de boegroeren en volgens hen is de verkeerssituatie veel bepalender dan wind, mist of lage waterstand [3].
- Proefvaarten met windkracht Bf 7 tonen aan dat zesbakkers veel minder last hebben van de wind dan bijv. Containerschepen [3].
- Uit simulatoronderzoek blijkt dat bij de gesimuleerde moeilijke verkeerssituaties, de benodigde breedte goed overeenkomt met de strokenbenadering [3].

Beheersbaarheid d.m.v. koproeren en boegschroeven:

Toepassing van koproeren:

- In het algemeen geldt dat koproeren het meest effectief zijn bij operationele snelheden en veel minder goed werken bij lage snelheden. Tijdens gaande houden hebben ze nauwelijks invloed.
- Uit verschillende onderzoeken blijkt dat schippers/kapiteins prima in staat zijn om bij doorgaande vaart windhinder op te vangen door actief gebruik te maken van de koproeren.

Toepassing van boegschroeven in de duwbak:

In 1994 is een onderzoek gedaan naar de toelating van zesbakduwstellen in lege brede formatie met boegschroeven in de bak op de stromende rivier de Waal [8]. Het advies luidde:

- Lege zesbakduwstellen in brede formatie uitgerust met één boegschroef in de bak niet toe te laten op de Waal.
- Gezien de hoge beheersbaarheid bij lagere snelheden (0 - 4 m/s), en de geringe verschillen tussen beide vormen van boegbesturing bij de operationele snelheden (4 - 5 m/s), wordt geadviseerd om lege zesbakduwstellen met 2 boegschroeven van ieder 250 KW, die voorin de buitenste voorste bakken zijn geplaatst, toe te laten conform het huidige toelatingsregime. In moeilijke situaties kan het schip snelheid verminderen zodat de boegschroeven effectiever inzetbaar zijn en zodoende meer mogelijkheden bieden om het schip beheersbaar te houden.

6.4. Streefbeeld voor traditionele zesbaks duwvaart versus huidige vaarweg

6.4.1. streefbeeld toelaatbaarheid traditionele zesbaks duwvaart

Uitgaande van een maatgevende verkeerssituatie van een geladen zesbakker in lange formatie die een lege zesbakker in brede formatie ontmoet (= traditionele zesbaksduwvaart) geldt voor de SRV in eerste instantie een streefbreedte van de vaarweg van circa 135 m in de bochten ($R=2000$ m) en 130 m in de rechtstand.

In de traditionele zesbaks duwvaart heeft de lege zesbakker op de voorste 2 van de 3 bakken twee stel conventionele koproeren om de wind op te vangen. Het voortstuwend vermogen van de duwboot bedraagt max. 5400 pk en is meestal beperkt tot 4500 pk.

In een vervolgstudie zullen de eisen worden geformuleerd waaraan lege lange zesbakkers moeten voldoen.

Misschien zijn twee boegschroeven met voldoende vermogen in de buitenste voorste bakken (geen koproeren) voldoende voor de beheersbaarheid van deze lange zesbakkers.

6.4.2. streefbeeld versus huidige route via de SRV

Het Hollandsch Diep is reeds bevaarbaar voor de zesbaks duwvaart en heeft een bevaarbare breedte tussen de 400 en 700 m. Het Volkerak is een min of meer rechte vaarweg met een bevaarbare breedte tussen circa 150 en 700 m. Het betreft hier een ruim overzichtelijk vaarwater zonder nautische obstakels als b.v. bruggen.

De SRV bestaat uit drie delen:

Vanaf de monding van de SRV tot aan de zuidzijde van Tholen (noordelijk deel) is de bevaarbare breedte circa 150 m, hierin liggen twee bochten met een straal van 2000 m. In dit gedeelte liggen drie bruggen die de vaarwegbreedte plaatselijk vernauwen tot 135 m maar geen knelpunt vormen voor de toelating van zesbaks duwstellen.

Het middendeel van de SRV van de zuidzijde Tholen tot de Kreekraksluizen is een rechte overzichtelijke vaarweg met een bevaarbare breedte van 190 m.

De SRV heeft zuidelijk van de Kreekraksluizen tot Antwerpen een bevaarbare breedte van minimaal 145 m, hierin bevindt zich een bocht van $R=2000$ m. De bruggen en de bocht in dit deel vormen geen nautisch obstakel. Voor zover ons bekend zijn er geen significante ondieptes het traject heeft grotendeels een diepte van 6 a 7 m. Alleen het zuidelijk deel heeft een waterdiepte van 5.5 m. Echter in het laatste gedeelte, in België, zit een haakse bocht. Het belgische deel wordt eventueel in een volgende fase nader bekeken en dient afgestemd te worden met de Belgen.

Conclusies:

- Uitgaande van de huidige situatie is de geometrie van de vaarwegvakken en van de sluizen in de SRV voldoende ruim voor het toelaten van zesbaks duwvaart, mits voldaan wordt aan eisen m.b.t. beheersbaarheid en padbreedte. De positieve marge tussen het streefbeeld en de beschikbare breedte bedraagt in het noordelijk deel circa 15 m in de bochten en 20 m in de rechtstand. Het middendeel heeft een ruime marge van circa 60 m. En ten zuiden van de Kreekraksluizen bedraagt de positieve marge 10 m in de bocht en 15 m in het rechte vaarwegdeel.
- De kennis over de manoeuvreerbaarheid van 6-baks duwstellen is voldoende om te concluderen dat haalbare eisen m.b.t. beheersbaarheid en breedtebeslag zullen kunnen worden gevonden om toelating op de SRV een reële optie te laten zijn.
- Zesbaks duwvaart op de SRV is een realistisch uitgangspunt om een gedifferentieerd toelatingsbeleid voor de SRV op te baseren.

Knelpunten in de huidige SRV:

- Door de beperkte breedte bij de sluizen is de lege zesbaks duwvaart gedwongen om in lange formatie te varen hetgeen volstrekt nieuw is in Nederland. Bij de brede lege zesbakker is een padbreedte van 50 m aangehouden in de bocht en 45 m in de rechtstand. Gezien de marge van circa 15 m tussen streefbeeld en huidige vaarwegbreedte in de bocht rijst de vraag of een padbreedte van 65 m voor een lege zesbakker in lange formatie voldoende is. Bij een drifthoek van 5 graden is de extra benodigde breedte boven de standaardbreedte van 22,8 m circa 25 m.
- De haakse bocht met zwaaihoek in België vormt een probleem en dient in overleg met onze Belgische partners te worden onderzocht.

Aanbeveling:

- De voorwaarden voor toelating op de SRV moeten nader worden uitgewerkt. Omdat momenteel weinig bekend is over het vaargedrag van een lange lege zesbakker (b.v. onder wind), adviseert AVV om de beheersbaarheid van een lange lege zesbakker zowel bij lage als bij operationele snelheden in een volgende fase van het onderzoek nader te bepalen. Het gaat er daarbij om, om de eisen aan de uitrusting vast te stellen waarmee de beheersbaarheid kan worden gegarandeerd en de padbreedte ook onder moeilijke omstandigheden (lage snelheid, wind) kan worden beperkt.

6.4.3. streefbeeld versus huidige route via het KdZB

Het gedeelte vanaf het Volkerak tot aan de Krammersluizen heeft een bevaarbare breedte tussen de 200 en 400m en is in het algemeen gesproken geschikt voor zesbaks duwvaart. Bij de zuidelijke uitloop Witte Tonnen Vlije en het Brabantsche Vaarwater is een plaatselijke versmalling tot 160 m.

Het gedeelte van de vaarweg tussen de Krammersluizen tot aan het KdZB heeft minimaal een bevaarbare breedte van 200 m en is een open overzichtelijk vaarwater. Echter, dit gedeelte is onderhevig aan eb en vloed waardoor de waterstanden sterk fluctueren en soms een sterke van richting wisselende getijstroom ontstaat. Dit in tegenstelling tot de SRV, wat stilstaand water is. Ook het wind- en golfklimaat nabij de Oosterschelde is ongunstig voor lange duwcombinaties.

Ook het KdZB is onderhevig aan bovenstaand getij en heeft een bevaarbare breedte van minimaal 155 m. De marge tussen het streefbeeld en de beschikbare breedte bedraagt hier circa 25 m. De invaart in het KdZB vanuit de Oosterschelde kan bij van richting wisselende dwarsstroming door het getij op de Oosterschelde en stroming met wisselende richting in het KdZB een mogelijk knelpunt zijn. Uitgebreid simulatoronderzoek is nodig om te bepalen of 6-baks duwvaart hier mogelijk is.

In dit traject liggen een drietal bruggen over het kanaal die plaatselijk een vernauwing opleveren tot 120 m. Ter plaatse van de kruising met de Vlaketunnel in de A58 is de doorvaartbreedte beperkt tot 115 m en is er een verondieping van het kanaal tot NAP -6.5 m (onderhoudsdiepte).

De zuidelijke voorhaven van de sluizen te Hansweert is sterk onderhevig aan stroming t.g.v. het getij op de Westerschelde hetgeen tot onveilige situaties kan leiden. Bij het uitvaren van de Zuidervoorhaven naar de Westerschelde kan de interferentie met de grote zeevaart naar en van Antwerpen gevaarlijke situaties opleveren. Hiervoor zou in ieder geval uitgebreid simulatoronderzoek nodig zijn.

Het laatste gedeelte van het traject gaat over de Westerschelde een open zeearm met sterke getijstroming door een slingerende geul en onderhevig aan een sterk wind- en golfklimaat. Deze wordt bevaren door grote moeilijk manoeuvreerbare zeeschepen.

Conclusies:

- De geometrie van de vaarwegvakken (benodigde breedte etc) en van de sluizen is zowel voor de SRV als de KdZB route via de Krammer voldoende ruim voor het toelaten van zesbaks duwvaart onder voorwaarden.
- De KdZB route via de Krammer heeft nautisch gezien meer complicaties dan de SRV. Deze complicaties zijn van een zodanige orde dat op basis van de huidige kennis over de manoeuvreerbaarheid van zesbaks duwstellen niet kan worden besloten dat 6-baks duwvaart op deze route reëel mogelijk zal zijn. Complicerende factoren zijn o.a. de in- en uitvaart van het KdZB door zesbaks duwvaart onder stromingscondities en de beschikbare breedte van het KdZB onder stromingscondities. Simulatoronderzoek zal uit moeten wijzen of 6-baks duwvaart hier een reële optie is.

7. Voorhavens bij sluizen

7.1. Karakteristieken huidige voorhavens

De voorhavens van de Volkeraksluizen, de Kreekraksluizen en de Krammersluizen zijn momenteel uitgelegd op vierbaks duwvaart en hebben de volgende karakteristieke afmetingen:

7.1.1. Volkeraksluizen

Aan de noordzijde van de sluis bedraagt de lengte van de wachtruimte met meerpalen en loopbrug voor de naderende schepen (west) 680 meter en voor de vertrekkende schepen (oost) 460 m.

Aan de zuidzijde van de sluis is de wachtruimte met meerpalen en loopbrug voor de naderende schepen 660 m (oost) en voor de vertrekkende schepen (west) 450 m.

De lengte van de opstelruimte in de voorhavens bedraagt aan de noordzijde en aan de zuidzijde aan beide kanten 275 m.

De totale breedte van de voorhaven bij de wachtruimte bedraagt aan beide zijden 280 m. De remmingswerken hebben een maximale hoek van 1:6

7.1.2. Kreekraksluizen

Aan de noordzijde van de sluis bedraagt de lengte van de wachtruimte met meerpalen voor de naderende schepen (west) 530 meter en voor de vertrekkende schepen (oost) is geen wachtruimte maar wel opstelruimte voor de sluis. Aan de zuidzijde van de sluis is de wachtruimte met meerpalen voor de naderende schepen 480 m (oost) en voor de vertrekkende schepen (west) 550 m.

De lengte van de opstelruimte in de voorhavens bedraagt aan de noordzijde en aan de zuidzijde aan beide kanten 260 m.

De totale breedte van de voorhaven bij de wachtruimte bedraagt aan de noordzijde 240 m en aan de zuidzijde 285 m. De remmingswerken hebben een maximale hoek van 1:7.5

7.1.3. Krammersluizen

Aan de westzijde van de sluis bedraagt de lengte van de wachtruimte met meerpalen voor de naderende schepen (zuid) circa 500 meter en aan de oostzijde (zuid) circa 400 m.

De lengte van de opstelruimte in de voorhavens bedraagt aan de noordzijde en aan de zuidzijde aan beide kanten 250 m. De totale breedte van de voorhaven bij de wachtruimte bedraagt aan beide zijden minimaal 250 m.

7.1.4. Sluis Hansweert

Aan de noordzijde van de sluis bedraagt de lengte van de wachtruimte met meerpalen en loopbrug voor de naderende schepen (west) 480 meter en voor de vertrekkende schepen (oost) geen wachtruimte.

Aan de zuidzijde van de sluis is de wachtruimte met meerpalen en loopbrug voor de naderende schepen 450 m (oost) en voor de vertrekkende schepen (west) geen wachtruimte.

De lengte van de opstelruimte in de voorhavens bedraagt aan de noordzijde en aan de zuidzijde aan beide kanten 300 m. De totale breedte van de voorhaven bij de wachtruimte bedraagt aan beide zijden tussen de 200 en 280 m.

7.1.5. Conclusies huidige voorhavens

Ten aanzien van de huidige voorhavens wordt het volgende geconcludeerd:

- De huidige voorhavens van de Volkeraksluizen, de Kreekraksluizen en de Krammersluizen zijn ruim opgezet en de lengte van de wachtruimtes is aan beide zijden van de sluizen voldoende om indien gewenst een zesbaksduwstel in lange formatie (totale lengte 280 m) af te kunnen meren.
Voor de Volkerak geldt dat er zelfs een vierbakker en zesbakker achter elkaar kunnen liggen in de wachtruimte aan stuurboordzijde voor de sluis.
- De vaarwegbreedte in de voorhavens is zeer ruim bemeten zodat er genoeg vaarwegbreedte overblijft wanneer er aan beide zijden van de vaarweg een duwstel ligt van 22,8 m breed. Omdat hier sprake is van lange zesbakkers is de breedte gelijk aan die van vierbakkers.

7.2. Beheersbaarheid zesbakkers in voorhavens

Voor de toelatingseisen op de vaarweg is niet alleen de verkeersafwikkeling op de doorgaande vaarwegvakken van belang, ook de situatie bij voorhavens van sluizen speelt bij de beoordeling een even grote rol. In het algemeen is het zo dat op de doorgaande vaarweg de schepen in principe hun reguliere snelheid kunnen aanhouden waardoor de invloed van wind en eventueel stroom op het vaargedrag sterk wordt beperkt.

Op het beschouwde traject (via de SRV) moeten per richting twee sluizen worden gepasseerd.

Bij de nadering van voorhavens moet veelal reeds vaart worden geminderd en in de voorhavens moet afhankelijk van de situatie gaande worden gehouden of is de vaarsnelheid bij het invaren van de sluis zeer laag. Een en ander houdt in dat de manoeuvreerbaarheid van schepen minder is en de invloed van bijvoorbeeld wind sterk toeneemt. Met name voor lege schepen kan dit problemen opleveren.

Daarnaast is het verkeersbeeld in de voorhaven in het algemeen minder eenduidig dan op het doorgaande vaarwegtraject. De vaarbanen van de schepen die de sluiscolken in- of uitvaren zijn sterk afhankelijk van de betreffende kolk die wordt gebruikt dan wel van de positie van het betreffende schip in de voorhaven dat moet invaren. Daarbij kunnen vaak sb-sb ontmoetingen of kruisende vaarbanen voorkomen. Het is dan ook van essentieel belang voor een veilige verkeersafwikkeling dat de schepen in dit soort situaties goed manoeuvreerbaar en beheersbaar zijn.

Vrijwel alle grote motorschepen beschikken inmiddels over één of meer boegschroeven waardoor onder alle omstandigheden het schip goed beheersbaar blijft.

Een uitzondering vormt een deel van de duwcombinaties die op deze vaarweg passeren. Daardoor kan het voorkomen dat twee- of vierbaksduwstellen niet met een boegschroef zijn uitgerust. Boegroeren zijn boven een bepaalde lengte wel voorgeschreven. In de praktijk worden daarom in de meeste gevallen lege tweebaksduwstellen naast elkaar gekoppeld zodat de lengte van de eenheid binnen de afmeting blijft waarbij dit voorschrift geldt.

Boegroeren hebben bij lage snelheden slechts een beperkte invloed en nauwelijks invloed tijdens gaande houden. Boegschroeven zijn in die situaties aanzienlijk effectiever. In de praktijk treden voorzover bekend weinig problemen op met de thans toegelaten eenheden.

Een lang zesbaksduwstel zal in zijn manoeuvreergedrag aanzienlijk afwijken van dat van een duwstel met de huidige toegelaten afmetingen. Voor een geladen zesbaksduwstel zal dat ten aanzien van het gedrag in de voorhaven geen relevante problemen behoeven op te leveren.

Echter voor een leeg zesbaksduwstel geldt dat de invloed van wind en daardoor het breedtebeslag fors toeneemt. Als zo'n eenheid onder een betrekkelijk kleine (drift)hoek ligt zal het extra breedtebeslag reeds aanzienlijk zijn. In de voorhavensituatie met lage snelheid zal zo'n eenheid zonder uitrusting met boegschroeven van voldoende vermogen bij wind van enige betekenis niet meer goed beheersbaar zal zijn. Dit kan gecombineerd met het relatief grote extra breedtebeslag al snel leiden tot onveilige verkeerssituaties in de voorhaven en tot problemen bij het slaagsraken voor de sluis en in het bekken van de sluis.

Een andere optie is het inzetten van een voorspanboot voor deze eenheden, maar dat zal in de praktijk uit kostenoverwegingen meestal niet aantrekkelijk zijn.

De toelating van deze eenheden koppelen aan een windrestrictie zal op basis van de huidige ervaringen naar verwachting geen adequate oplossing vormen.

Het is niet denkbeeldig dat de beschikbare afmeergelegenheid in de voorhavens zal moeten worden aangepast c.q. uitgebreid als zesbaksduwstellen zouden worden toegelaten. Op grond van de te verwachten lage frequentie van voorkomen van deze eenheden is het mogelijk een overweging om - in overleg met de operationele sluisbediening - de verkeersafwikkeling zodanig in te richten dat afmeren in principe niet nodig zal zijn. Dat kan uiteraard alleen als de sluizen over voldoende schutcapaciteit beschikken zodat lange wachttijden normaal gesproken niet voorkomen.

Conclusies:

- In het algemeen gesproken zijn de huidige voorhavens van de Volkeraksluizen, de Kreekraksluizen en de Krammersluizen ruim opgezet en de lengte van de wachtruimtes is aan beide zijden van de sluizen voldoende om indien gewenst een zesbaksduwstel in lange formatie (totale lengte 280 m) af te kunnen meren.
- Voor lege zesbaksduwstellen in lange formatie zal het voor een veilige verkeersafwikkeling in de voorhavens nodig zijn om extra uitrustingsseisen te stellen in de vorm van boegschroeven van voldoende vermogen.
- Er is thans nog geen enkele ervaring in de praktijk met het vaargedrag van lege zesbaksduwstellen in de lange formatie.

Aanbeveling:

- Indien de toelating van zesbaks eenheden serieus wordt overwogen zal nader onderzoek moeten worden uitgevoerd naar het vaargedrag van lege zesbakkers in lange formatie, met name onder invloed van wind en het benodigde boegschroefvermogen. Naast de vaarwegsituatie zal zo'n onderzoek zich ook moeten richten op het gedrag in de voorhavens onder invloed van wind.

Literatuurlijst

- [1] Zesbaksduwvaart, nautische en vervoersekonomische asp. basis van meetvaarten, samenvattende nota RWS, 1984.
- [2] Beschikbare bevaarbare breedte tussen Gorinchem en Lobith in relatie tot zes-baksduwvaart, DVK, 1986.
- [3] Proefperiode zesbaksduwvaart, technisch-nautische aspecten, RWS, 1987.
- [4] Invloed van wind op lege duwstellen, krachten, vaargedrag en effecten van boegbesturing, lezing op KIVI/NIN symposium, RWS, 1987.
- [5] Verkeerssimulaties 'waal', Effecten van de vaargeulbreedte en de verkeerssamenstelling in een rechtstand en in een bocht op de verkeersafwikkeling, RWS/MSCN/WL, 1993.
- [6] Evaluatie zesbaksduwvaart hartelkanaal, GHB Rotterdam, 1987.
- [7] Duwvaart met 6 bakken of 4 vergrote bakken, RWS, 1981.
- [8] Toelating zesbaksduwstel met boegschroeven op de Waal, RWS, 1994.
- [9] Toelatingsbeleid t.b.v. duwstellen op de Schelde-Rijn verbinding en het kanaal door Zuid-Beveland, RWS, 1990.

Mogelijkheden tot verruiming van de toelating tot de Schelde-Rijn Verbinding

Deelstudie II Onderzoek naar maximale breedte bij passage van sluizen op SRV

d.d. 3-9-1998

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	3
2. PROBLEEMANALYSE	4
3. OPZET BEREKENINGEN	5
4. RESULTATEN	6
5. SITUATIE BIJ ANDERE SLUIZEN	8
5.1. VOLKERAKSLUIZEN	8
5.2. KREEKRAKSLUIZEN	8
5.3. KRAMMERSLUIZEN	9
5.4. SLUIZEN IN HANSWEERT	10
5.5. ALGEMENE CONCLUSIE EN AANBEVELING	10
6. CONCLUSIES	11
7. AANBEVELINGEN	12
OVERZICHT BIJLAGE 1	13

1. INLEIDING

In het kader van het project "Mogelijkheden voor verruiming van de toelatingseisen op de Schelde-Rijn Verbinding" (SRV) wordt in dit rapport de passage van de sluizen in de SRV onderzocht van schepen met buitengewone afmetingen. In de SRV liggen de Volkerak- en Kreekraksluizen. Daarnaast zijn ook de sluizen bij Hansweert en de Krammersluizen meegenomen in deze studie.

Ter ondersteuning hiervan wordt het computerprogramma WAROS gebruikt. WAROS staat voor waterbeweging rondom schepen en berekent scheeps- en waterbewegingen bij passage van sluizen.

In dit project worden de vaartijden en waterbewegingen rondom de schepen met breedte groter dan 23,0 m vergeleken met een vierbaksduwstel met breedte 22,80 m. Er wordt getracht een waarde te vinden voor de maximale toelaatbare breedte, met daaraan gekoppeld een maximale diepgang, waarbij de overige beroepsvaart niet te veel hinder ondervindt van dergelijke grote schepen bij de passage van een sluis

WAROS

De waterbeweging rond het schip wordt ééndimensionaal berekend. Dit heeft tot gevolg dat het model er van uit gaat dat een schip altijd in de as van de sluis binnenvaart.

Met behulp van WAROS kunnen de volgende grootheden berekend worden:

- snelheid van het schip gedurende de sluis invaart, doorvaart of uitvaart;
- inzinking en kielspeling van het schip;
- optredende primaire golven rond een constructie;
- retourstoming en waterstand op bepaalde punten in de kolk.

De scheepsvorm van duwstellen en koppelverbanden worden als monoliet geschematiseerd. De eenheden (bakken) scharnieren dus niet maar zijn stijf verbonden met elkaar, volgens de schematisatie in het model

Manoeuvreerproblemen die van belang kunnen zijn bij een scheepsbreedte groter dan 23,0 m worden in dit model niet meegenomen. Er mag dus geen eindconclusie getrokken worden over maximaal toelaatbare breedte, zonder ook de manoeuvreerbaarheid van diverse scheepsbreedtes in ogenschouw te hebben genomen

2. PROBLEEMANALYSE

Probleemstelling

Wat is de invloed van de scheepsbreedte (in combinatie met diepgang) op de passage van de sluizen op de Schelde-Rijn verbinding.

Is er een bovengrens vast te stellen voor toe te laten scheepsbreedte (in combinatie met diepgang) met het oog op de capaciteit van de sluizen c.q. hinder voor de overige scheepvaart.

Doelstelling

Het doel van deze studie is inzicht te verkrijgen in de invloed van de scheepsbreedte en -diepgang op de passage van de sluizen in de Schelde-Rijn Verbinding. Er wordt getracht een omslagpunt te vinden, waarbij de passage van de sluizen zo lang duurt dat de overige scheepvaart er aanzienlijke hinder van ondervindt. Of waarbij in- en uitvaren van de kolk niet meer veilig is, voor zowel de inkomende- of uitgaande duwcombinatie als de overige wachtende schepen in de kolk. Dit laatste wordt gebaseerd op ontoelaatbare retourstromingen en/of waterbeweging in de kolk.

In dit onderzoek gaat het niet om het bepalen van exacte in- en uitvaartijden van bepaalde type schepen met een breedte groter dan 23 m, maar om het vergelijken van de tijden voor verschillende duwcombinaties.

Op basis van de resultaten van de berekeningen moet, indien mogelijk, een bovengrens worden gesteld aan de toelaatbare scheepsbreedte.

Uitgangspunten en randvoorwaarden

Voor deze studie zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden aangehouden:

- Er wordt in eerste instantie gerekend met een invaart in een kolk van de Volkeraksluizen. In hoofdstuk 1 t/m 4 worden deze berekeningen behandeld. Hiervoor gelden de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden:
 - De kielspeling is in dit geval niet maatgevend omdat deze altijd groter is dan 1,25 m, vanwege de relatief grote waterhoogte boven de drempel.
 - maximale diepgang van schepen op SRV 4,0 m;
 - maximale diepgang van schepen bij Volkeraksluizen 4,75 m
 - breedte tussen kolk(hoofd)wanden: 24,00 m;
 - drempeldiepte: NAP -6,25 m;
 - kolkvloerhoogte: NAP -7,00 m;
 - bodemdiepte voorhaven: NAP -7,00 m;
 - waterstand: NAP 0,00 m;
 - kolk lengte: 320 m;
 - drempel bevindt zich op 65 m van ingang de van de sluis.
- Er is ook gerekend met de situatie bij de Kreekraksluizen. Hier is de maatgevende waterdiepte kleiner (5,0 m i.p.v. 6,25 m) maar ook de toegestane diepgang is kleiner, waardoor de problemen wat betreft waterbeweging en retourstroom niet veel anders zijn dan bij de Volkeraksluizen
- Vervolgens zijn de andere twee sluizen (Krammersluizen, sluizen bij Hansweert) kwalitatief behandeld in hoofdstuk 5.

3. OPZET BEREKENINGEN

In eerste instantie zijn verkennende berekeningen uitgevoerd met bestaande files om inzicht te verkrijgen in het programma WAROS. Daarna is de situatie van een sluisinvaart bij de Volkeraksluizen geschematiseerd.

Om een sluisinvaart te kunnen simuleren m.b.v. WAROS zijn er drie invoerfiles nodig:

- een vaarwegfile, waarin de contouren van voorhaven en sluis worden gedefinieerd;
- een schepenfile, waarin de afmetingen en doorsneden van het schip (duweenheid) worden gedefinieerd;
- een vermogensfile, waarin het toegepast motorvermogen wordt opgegeven, hiermee wordt invaarsnelheid bepaalt.

In dit onderzoek is de vaarwegfile constant gehouden. De configuratie van de sluis (drempeldiepte, sluis- en kolkbreedte, initiele waterstand) worden niet gewijzigd bij verschillende door gerekende varianten.

Er zijn nieuwe schepenfiles aangemaakt, op basis van een bestaande beschrijving van een vierbaksduwstel met breedte 22,80 m, voor vierbaksduwstellen met de volgende breedtes: 23,20/ 23,40/ 23,60 en 23,80 m.

De vermogensfile wordt per situatie aangepast aan de gewenste invaarsnelheid (V_o : snelheid bij de ingang van de sluis) en diepgang (T) van het invarende schip.

Er zijn vele mogelijke combinaties van diepgang, invaarsnelheid en scheepsbreedte te bedenken. Een aantal combinaties daarvan is gesimuleerd om inzicht te krijgen in een sluisinvaart van een breed duwbakstel en om de betrouwbaarheids grenzen van het model WAROS te bepalen. Bij het vergelijken van diverse combinaties moet er rekening worden gehouden met verschillende vermogensfiles. In feite zijn per combinatie niet alleen de diepgang of invaarsnelheid gevarieerd, maar ook de vermogensfiles.

Uiteindelijk worden in deze notitie de resultaten van de simulaties van de volgende combinaties van diepgang en invaarsnelheid met elkaar vergeleken:

Volkeraksluizen:

- $T = 4,0$ m en $V_o = 0,7$ m/s
- $T = 4,0$ m en $V_o = 1,0$ m/s
- $T = 4,0$ m en $V_o = 1,3$ m/s
- $T = 4,0$ m en $V_o = 2,1$ m/s
- $T = 1,5$ m en $V_o = 1,0$ m/s
- $T = 4,5$ m en $V_o = 1,0$ m/s
- $T = 5,0$ m en $V_o = 1,0$ m/s

Kreekraksluizen:

- $T = 3,0$ m en $V_o = 1,0$ m/s
- $T = 3,5$ m en $V_o = 1,0$ m/s
- $T = 4,0$ m en $V_o = 1,0$ m/s

4. RESULTATEN

In deze paragraaf worden de resultaten van de berekeningen van de sluisinvaart en bij de Volkeraksluizen besproken. Eerst worden de tabellen en grafieken toegelicht. Daarna wordt specifiek gekeken naar het variëren van de breedte, invaarsnelheid en de diepgang van het schip.

Toelichting tabellen en grafieken

Bij elke run start het schip vanuit stilstand op een afstand van 400 m tot de sluisingang (behalve bij run met $V_0=2,0$ m/s). Het schip accelereert tot de gewenste snelheid bereikt is en vaart met een constante snelheid naar de sluisingang (geen versnelling). In het model WAROS wordt voor plaatsbepaling met de x-waarde van het hek van het schip gerekend (X_h). In dit geval van een vierbaksduwstel ($L=190$ m) ligt het schip precies voor de sluisingang op $X_h = -190$ m. De drempel van de sluis ligt na 65 m in de sluis, dus op $X_h = 100$ ligt het schip geheel in de kolk. Het afstoppen, achteruit slaan en tot stilstand komen is in deze berekeningen niet meegenomen.

De tijdstippen van passage van deze twee punten ($X_h = -190$ en $X_h=100$) worden genoteerd en zo kan de netto vaartijd in de kolk bepaald worden. Het is interessant om deze tijden te vergelijken van overeenkomende runs.

In tabel 1 (bijlage, 1 blz. 1) zijn de invaartijden, retourstromen en waterstanden weergegeven voor variërende scheepsbreedte en invaarsnelheid. De diepgang is daarbij constant gehouden op 4,0 m.

Per combinatie van invaarsnelheid en diepgang wordt eerst iteratief een vermogensfile opgesteld, waarmee het aangewend vermogen wordt voorgeschreven aan het invarende schip. Hierbij moet de invaarsnelheid, dit is de snelheid van het schip als hij precies voor de sluis ligt, overeenkomen met de gewenste invaarsnelheid. Daarna moet het vermogen worden opgevoerd (als het schip de sluis invaart) opdat het schip niet wordt terug gedrukt door de hydraulische kracht van de opgestuwde watermassa in de kolk. In de grafieken 1e en 3 staan enkele vermogensfiles grafisch weergegeven.

Per combinatie van invaarsnelheid en diepgang wordt voor alle scheepsbreedtes dezelfde vermogensfile gebruikt. Bij te grote scheepsbreedte is de weerstand te groot en is het ingevoerde vermogen niet afdoende om de kolk in te varen. Dit is terug te zien in de tabel bij alle vaarten met $B=23,80$ m waar het woord terug staat vermeld.

De maximale retourstroom ten gevolge van het invarende schip treedt op boven de sluisdrempel. Daar is de dwarsdoorsnede het kleinst. Deze maximale retourstroom staat weergegeven onder U_{max} .

Tijdens het invaren van de sluis wordt de waterstand in de kolk opgestuwd. Aan het einde van de kolk, voor het gesloten kolkhoofd (op $x=320$ m) wordt de hoogste waterstand gemeten. De maximale waterstand is weergegeven onder h_{max} .

In tabel 2 (bijlage 1, blz. 2) staan dezelfde gegevens alleen is hier de diepgang gevarieerd en de invaarsnelheid constant gehouden.

In grafiek 1a t/m 1d zijn de vaarsnelheden uitgezet tegen de afstand van het hek van het schip tot de sluisingang voor de combinatie diepgang 4,0 m en invaarsnelheid ongeveer 1,0 m/s voor verschillende scheepsbreedtes.

In grafiek 1e is de bijbehorende vermogensfile weergegeven. Voor de scheepsbreedtes 22,80, 23,20 en 23,40 zijn de snelheidsgrafieken gelijkvormig. In grafiek 1d is te zien hoe de snelheid van het schip met breedte 23,80 afneemt ten gevolge van de hydraulische krachten van het opgestuwde water in de kolk.

In grafiek 2a en 2b zijn plaats-tijd diagrammen weergegeven van verschillende invaarten. Deze grafieken moeten worden gezien als hulp voor het lezen/begrijpen van de grafieken 4 en 5. Uit grafiek 2a en 2b kunnen de tijdstippen worden afgelezen, waarop het schip de sluis invaart en de drempel passeert.

In grafiek 3 zijn de vermogensfiles weergegeven van de verschillende combinaties van invaarsnelheid en diepgang.

In grafiek 4a en 4b zijn de maximale retourstromingen weergegeven boven de drempel als functie van de tijd.

In grafiek 5a en 5b zijn de maximale waterstanden uitgezet aan het eind van de kolk, voor het gesloten hoofd als functie van de tijd. Dit is interessant voor eventuele andere vaartuigen die al in de kolk aanwezig zijn.

Invloed variërende breedte

Uit tabel 1 kan worden afgeleid dat de invaartijden toenemen bij een toenemende scheepsbreedte. Dit is echter marginaal. Over het algemeen genomen zijn de onderlinge verschillen in netto vaartijd kleiner dan 10% van de netto vaartijd. De maximale waarden van zowel retourstroom als waterstand zijn nagenoeg gelijk voor alle scheepsbreedtes. Ook uit grafiek 1a t/m c blijkt dat het verloop van invaarsnelheden van de verschillende scheepsbreedtes overeen komt.

De oorzaak van de kleine invloed van verschillende scheepsbreedte zit in de grote hoeveelheid water onder het schip. Er is relatief weinig oppervlak tussen de het schip en de kolkwanden waardoor het water kan terugstromen.

Rekenvoorbeeld met $T=4,0$ m en	$B=22,80$	$B=23,40$.
Oppervlak onder het schip is $(6,25-4,0)*24,10$	$54,2 \text{ m}^2$	$54,2 \text{ m}^2$
Oppervlak naast het schip is $4,0*(24,10-22,80)$	$5,2 \text{ m}^2$	$2,8 \text{ m}^2$
Procentueel oppervlak onder het schip is dit	90 %	95 %

De resultaten van de berekeningen met breedte 23,60 m en 23,80 m vallen uit de trend van oplopende vaartijden bij toenemende scheepsbreedte. Reden hiervoor is dat de verhouding B_s/B buiten de betrouwbaarheidsgrenzen van het model valt. Opvallend is wel dat de waterstand en retourstroom wel overeenkomen met de andere berekeningen.

Invloed variërende invaarsnelheid

Uit tabel 1 en grafieken 2a, 4a en 5a kan worden afgeleid dat de invaarsnelheid van grote invloed is op de hele invaart. Dit is logisch voor wat betreft de netto invaartijd: langzamer varen geeft een langere vaartijd. De retourstroom en waterstandfluctuatie worden aanzienlijk kleiner bij afnemende invaarsnelheid.

Opvallend is dat de waarden van retourstroom en waterstand voor alle scheepsbreedtes bij eenzelfde invaarsnelheid nagenoeg gelijk zijn.

Invloed variërende diepgang

In tabel 2 en grafieken 2b, 4b en 5b staan resultaten weergegeven van berekeningen met verschillende diepgangen. Omdat er per diepgang een andere vermogensfile is aangemaakt kunnen deze resultaten niet één op één met elkaar vergeleken worden. Bij een grotere diepgang kan het vermogen van het schip in de sluis dusdanig worden opgeschroefd dat de netto invaartijd gelijk is aan die van een kleinere diepgang. Er kan wel geconcludeerd worden dat de netto invaartijd van geladen schepen exponentieel toeneemt bij een toenemende diepgang.

De waarden van retourstroom en waterstand nemen ook aanzienlijk toe met een toename van de diepgang. Ook hier geldt weer dat die waarden voor de verschillende scheepsbreedtes nagenoeg gelijk zijn.

Kielspeling

Beide sluisen hebben een grote diepte zodat de natte doorsnede in de kolk nog behoorlijk groot is t.o.v. het onderwateroppervlak van het passerend schip. De eisen van minimale kielspeling zijn bij een diepgang kleiner dan 4,75 m nooit maatgevend.

Sluisuitvaart

Er zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor diverse sluisinvaarten. Een sluisuitvaart is niet gesimuleerd. Dit is bewust niet gedaan omdat de beperkingen van het model identiek zijn voor zowel een sluisinvaart als -uitvaart. Het simuleren van een aantal sluisuitvaarten geeft geen bovengrens voor de maximaal toelaatbare scheepsbreedte. Bovendien is een sluisinvaart in het algemeen maatgevend wat betreft waterbeweging rondom een schip. Bij een sluisuitvaart ondervindt het uitvarende schip nauwelijks hinder van de door hem zelf opgewekte opstuwing.

5. SITUATIE BIJ ANDERE SLUIZEN

In dit hoofdstuk worden de Kreekraksluizen en de sluizen in de andere route via het Kanaal door Zuid-Beveland besproken wat betreft het toelatingsbeleid voor met name de scheepsbreedte en de diepgang. Het huidige toelatingsbeleid schrijft een maximale diepgang voor van 3,0 m voor schepen met breedte groter dan 23,0m. Dit geldt voor alle vier de sluizen.

Per sluis worden eerst de karakteristieken gegeven en daarna wordt de maatgevende situatie behandeld. Ook de Volkeraksluizen worden hier genoemd om de verschillende situaties beter in kaart te brengen.

5.1. Volkeraksluizen

Sluis karakteristieken

Kolkbreedte	24,0 m	
Drempeldiepte	NAP-6,25 m	
Maatgevend waterpeil	NAP 0,0 m	
Toegestane diepgang	4,75 m	
Minimale kielspeling	1,50 m	
Maatgevende natte doorsnede	144,0 m ²	100 %
Nat oppervlak schip 23,0 m	109,3 m ²	76 %
Oppervlak onder schip	36,0 m ²	
Oppervlak langs het schip	4,8 m ²	
Verhouding Opp. Langs/onder	0,13	
Doorstroomprofiel B=23,0 m	40,8 m ²	100 %
Doorstroomprofiel B=23,5 m	38,4 m ²	94 %

Met deze afmetingen zijn voorgaande berekeningen uitgevoerd. Kenmerkend bij de Volkeraksluizen is de grote waterdiepte boven de drempel. Het aandeel van het water dat onder het schip zit is veel groter dan het oppervlak dat tussen het schip en de kolkwanden zit. Bij een toenemende scheepsbreedte (van 23,0 naar 23,5 m) wordt het doorstroomprofiel niet veel kleiner (6%).

5.2. Kreekraksluizen

Sluis karakteristieken

Kolkbreedte	24,0 m	
Drempeldiepte Noord	NAP-6,25 m	
Drempeldiepte Zuid	NAP-3,20 m	
Maatgevend waterpeil (Zuid)	NAP+1,80 m	
Toegestane diepgang	4,00 m	
Minimale kielspeling	1,00 m	
Maatgevende natte doorsnede	120,0 m ²	100 %
Nat oppervlak schip 23,0 m	92,0 m ²	77 %
Oppervlak onder schip	24,0 m ²	
Oppervlak langs het schip	4,0 m ²	
Verhouding Opp. Langs/onder	0,17	
Doorstroomprofiel B=23,0 m	28,0 m ²	100 %
Doorstroomprofiel B=23,5 m	26,0 m ²	93 %

Bij de Kreekraksluizen is de maatgevende waterdiepte (5,0 m) kleiner dan bij de Volkeraksluizen. De toegestane diepgang is echter ook kleiner, waardoor de problemen wat betreft waterbeweging en retourstroom niet veel anders zijn dan bij de Volkeraksluizen.

Er zijn enkele berekeningen uitgevoerd voor een Kreekrakinvaart vanuit zuidelijke richting. In tabel 3 staan de resultaten daarvan weergegeven. Daaruit blijkt dat dezelfde conclusies kunnen worden getrokken als voor de Volkeraksluizen. Het verschil in scheepsbreedte heeft weinig invloed op invaartijd, waterbeweging en retourstroom. Een toenemende diepgang heeft grotere waterbewegingen en retourstromen tot gevolg, waarbij de invaartijd exponentieel toeneemt.

Het huidige toelatingsbeleid staat geen diepgang groter dan 3,0 m toe voor schepen met breedte groter dan 23,0m. Een verruiming van het toelatingsbeleid voor de diepgang (van 3,0 naar 4,0 m) voor de brede schepen lijkt vanuit hydraulische oogpunt geen grote problemen te geven.

5.3. Krammersluizen

Sluis karakteristieken

Kolkbreedte	24,0 m	
Drempeldiepte	NAP-6,25 m	
Maatgevend waterpeil bij maximale diepgang	NAP-0,75 m	
Toegestane diepgang	4,75 m	
Minimale kielspeling	0,75 m	
Maatgevende natte doorsnede	132,0 m ²	100 %
Nat oppervlak schip 23,0 m	109,3 m ²	83 %
Oppervlak onder schip	18,0 m ²	
Oppervlak langs het schip	4,8 m ²	
Verhouding Opp. Langs/onder	0,26	
Doorstroomprofiel B=23,0 m	22,8 m ²	100 %
Doorstroomprofiel B=23,5 m	20,4 m ²	89 %

Het huidig schutproces op de Krammersluizen is erop gericht dat er een minimale kielspeling van 0,75 m blijft gegarandeerd voor schepen met een breedte tot 23,0 m. De toegestane diepgang is 4,75 m. Schepen met breedte groter dan 23,0 m hebben een maximale diepgang van 3,0 m.

De maatgevende situatie ligt bij de Krammersluizen veel gevoeliger dan bij de Volkerak- en Kreekraksluizen. Door de kleinere kielspeling is de verhouding van het wateroppervlak langs en onder het schip veel groter (0,26) dan bij de Volkerak-(0,13) en Kreekraksluizen(0,17). Dit betekent dat een toenemende scheepsbreedte een grotere afname van doorstroomprofiel tot gevolg heeft (scheepsbreedte van 23,0 naar 23,5 m, afname doorstroomprofiel van 11 %).

Het is voor de maatgevende situatie niet zonder meer te zeggen dat een grotere scheepsbreedte nauwelijks invloed heeft op de waterbeweging, retourstroom en invaartijd. De verhouding nat oppervlak schip en doorvaartprofiel is dusdanig hoog (0,83) dat deze boven de betrouwbaarheidsgrenzen van het model ligt. Op basis van modelberekeningen kunnen er voor de Krammersluizen geen uitspraken worden gedaan over de toelaatbare scheepsbreedte bij een diepgang van 4,75 en kielspeling van slechts 0,75 cm.

Op basis van de resultaten van de berekeningen van de Kreekraksluizen kan echter toch het volgende worden voorgesteld voor het toelatingsbeleid van schepen met grotere breedte dan 23,0 m.

Bij een grotere kielspeling van 1,00 m kan de diepgang worden verhoogd tot 4,0 m, de maatgevende laagwaterstand tot waar nog gesloten kan worden is dan NAP-1,25 m. Bij deze diepgang en kielspeling zijn de waterbeweging en retourstroom voor scheepsbreedtes, variërend van 22,80 tot 23,40, nagenoeg gelijk. De verschillen in invaartijden zijn ook niet zo groot.

Opmerking

Bij de Krammersluizen moet er rekening gehouden worden met de zoet-zout scheidende onderdelen in de kolk. Het verdient de aandacht om te kijken naar eventueel vereiste ruimte tussen de kolkwand (met de waterinlaten) en een schip. Dit zou maatgevend kunnen zijn voor de maximaal toelaatbare breedte.

5.4. Sluizen in Hansweert

Sluis karakteristieken

Kolkbreedte	24,0 m	
Drempeldiepte	NAP-7,00 m	
Maatgevend waterpeil bij maximale diepgang	NAP-1,50 m	
Toegestane diepgang	4,75 m	
Minimale kielspeling	0,75 m	
Maatgevende natte doorsnede	132,0 m ²	100 %
Nat oppervlak schip 23,0 m	109,3 m ²	83 %
Oppervlak onder schip	18,0 m ²	
Oppervlak langs het schip	4,8 m ²	
Verhouding Opp. Langs/onder	0,26	
Doorstroomprofiel B=23,0 m	22,8 m ²	100 %
Doorstroomprofiel B=23,5 m	20,4 m ²	89 %

Ondanks de grotere drempeldiepte is de situatie bij Hansweert vergelijkbaar met de Krammersluizen omdat ook hier schepen worden geschut met een minimale kielspeling van 0,75 m. Daarom wordt hier naar voorgaande paragraaf verwezen.

5.5. Algemene conclusie en aanbeveling

Schepen met een breedte groter dan 23,0 m worden in de huidige situatie toegelaten met een maximale diepgang van 3,0 m. Deze beperking is op grond van de berekeningen niet noodzakelijk. Een grotere diepgang geeft voor de schepen (met breedte groter dan 23,0 m) niet veel meer problemen wat betreft retourstroom en waterbeweging dan schepen met een breedte van 22,80 m.

Aanbeveling

De toegestane diepgang voor schepen met breedte groter dan 23,0 m kan worden verhoogd tot 4,0m voor alle sluizen in het traject tussen Rotterdam en Antwerpen, te weten de Volkeraksluizen, Kreekraksluizen, Krammersluizen en de sluizen bij Hansweert. Voor de twee laatstgenoemde sluizen is in verband met de getijbeweging een minimale kielspeling van 1,00 m aangehouden in plaats van de huidige 0,75 m. Dat houdt in dat bij laagwater een extra getijbeperking van toepassing is voor schepen breder dan 23,0 m.

Als de toegestane diepgang conform bovenstaande aanbeveling wordt verhoogd, is het belangrijk om de passages van diepgeladen brede schepen te blijven volgen en monitoren om zo de effecten op de overige scheepvaart vast te kunnen stellen.

6. CONCLUSIES

Modelmatige conclusies

Het computermodel WAROS geeft inzicht in de effecten van variëren van scheepsbreedte, diepgang en aangewend vermogen (indirect dus ook invaarsnelheid) op de invaartijden en de waterbewegingen in de sluis rondom het invarende schip. De waarden die berekend worden moeten niet letterlijk geïnterpreteerd worden, maar dienen gebruikt te worden om verschillende combinaties van diepgang, invaarsnelheid en scheepsbreedte met elkaar te vergelijken.

Berekeningen met de scheepsbreedtes 23,60 en 23,80 geven afwijkende resultaten. Dit komt doordat de verhouding breedte schip/ breedte sluis buiten de toepassingsgrenzen van het model ligt.

Algemene conclusies

Hieronder worden de conclusies getrokken op basis van de resultaten van de berekeningen met computer model WAROS. Dit behelst dus de hydraulische aspecten van het invaren van de Volkeraksluizen.

- **variërende breedte**
Bij een gelijkblijvende diepgang en invaarsnelheid is de scheepsbreedte, variërende van 22,80 tot 23,40 m nauwelijks van invloed op de invaartijden. De retourstroming en waterstanden zijn voor genoemde scheepsbreedtes nagenoeg gelijk.
- **variërende invaarsnelheid**
De invaarsnelheid wordt bepaald door het aangewend vermogen. Bij een gelijkblijvende diepgang is variatie van het toegepast motorvermogen (en dus ook invaarsnelheid) van grote invloed op de invaartijden en waterbewegingen rondom het schip.
- **variërende diepgang**
De diepgang van het invarende schip is van grote invloed op de invaartijden. De invaartijden nemen exponentieel toe bij het vergroten van de diepgang van 4,0 naar 5,0 m. De retourstroming en wateropstuwing nemen ook aanzienlijk toe bij toenemende diepgang van 4,0 naar 5,0 m.

Algemeen kan geconcludeerd worden dat de invaarsnelheid en diepgang van veel grotere invloed zijn op de invaartijden en waterbewegingen rondom het schip, dan de breedte van de invarende schepen.

Een bovengrens van de maximaal toelaatbare combinatie van diepgang en scheepsbreedte is met behulp van het model WAROS moeilijk te bepalen, omdat de toepassingsgrenzen van het model, wat betreft verhoudingen wateroppervlak en onderwateroppervlak van het schip, dan worden overschreden.

Een maximaal toelaatbare scheepsbreedte kan dus niet met behulp van het model worden bepaald. Dat houdt in dat op grond van andere overwegingen een maximale breedte dient te worden vastgesteld. Daarbij zullen aspecten zoals een toenemende kans op schadevaringen (met name bij invaren) en het risico van klemvaren tussen de sluismuren (bij gebruik wrijfhouten), o.a. bepalend zijn.

7. AANBEVELINGEN

In het kader van het project "Mogelijkheden tot verruiming van het toelatingsbeleid op de Schelde-Rijn Verbinding" is in dit onderzoek gekeken naar de maximaal toelaatbare breedte van schepen bij passage van de sluizen op de vaarroutes van Rotterdam naar Antwerpen.

Er zijn berekeningen uitgevoerd met het computermodel WAROS (waterbeweging rondom schepen). Dit is een eendimensionaal simulatiemodel waarmee de waterbeweging en retourstroom bij een sluisinvaart, -uitvaart of -doorvaart berekend kan worden. Een beperking van het model is dat de manoeuvreerbaarheid niet wordt meegenomen in de berekeningen. Het schip blijft in de as van de sluis varen.

In dit project zijn alleen invaarten gesimuleerd voor de Volkerak- en Kreekraksluizen. Een sluisinvaart is in het algemeen maatgevend wat betreft waterbeweging rondom een schip. Bij een sluisuitvaart ondervindt het uitvarende schip nauwelijks hinder van de door hem zelf opgewekte opstuwing.

De resultaten zijn ook vertaald naar de situaties bij de Krammersluizen en Hansweert, zodat ook daar een aanbeveling kan worden gedaan.

Uit de resultaten van de berekeningen kunnen de volgende drie belangrijkste conclusies worden getrokken:

- **variërende breedte**
Bij een gelijkblijvende diepgang en invaarsnelheid is de scheepsbreedte, variërende van 22,80 tot 23,40 m nauwelijks van invloed op de invaartijden. De retourstroming en waterstanden zijn voor genoemde scheepsbreedtes nagenoeg gelijk. Bij de Kreekrak- en Volkeraksluizen is er voldoende kielspeling onder het schip (boven de sluisdrempel). Het doorstroomprofiel onder het schip is veel groter dan naast het schip (tussen schip en kolkwand), waardoor het verminderen van het doorstroomprofiel naast het schip (bij grotere scheepsbreedte) van geringe invloed is op de waterbeweging rondom het schip. Berekeningen met de scheepsbreedtes 23,60 en 23,80 geven afwijkende resultaten. Dit komt doordat de verhouding breedte schip/breedte sluis buiten de toepassingsgrenzen van het model ligt.
- **variërende invaarsnelheid**
De invaarsnelheid wordt bepaald door het aangewend vermogen. Bij een gelijkblijvende diepgang is variatie van het toegepast motorvermogen (en dus ook invaarsnelheid) van grote invloed op de invaartijden en waterbewegingen rondom het schip.
- **variërende diepgang**
De diepgang van het invarende schip is van grote invloed op de invaartijden. De invaartijden nemen exponentieel toe bij het vergroten van de diepgang van 4,0 naar 5,0 m. De retourstroming en wateropstuwing nemen ook aanzienlijk toe bij toenemende diepgang van 4,0 naar 5,0 m.

Aanbevelingen

- Een maximaal toelaatbare scheepsbreedte kan dus niet met behulp van het model worden bepaald. Dat houdt in dat op grond van andere overwegingen een maximale breedte dient te worden vastgesteld. Daarbij zullen aspecten zoals een toenemende kans op schadevaringen (met name bij invaren) en het risico van klemvaren tussen de sluiswanden (bij gebruik wrijfhouten), o.a. bepalend zijn.
- AVV adviseert de toegestane diepgang voor schepen met breedte groter dan 23,0 m te verhogen tot 4,0 m voor alle sluizen in het traject tussen Rotterdam en Antwerpen, te weten de Volkeraksluizen, Kreekraksluizen, Krammersluizen en de sluizen bij Hansweert. Met daarbij voor de twee laatstgenoemde sluizen een extra getijbeperking, die een grotere minimale kielspeling vereist dan nu het geval is (1,50 i.p.v. 0,75 m). Deze grotere minimale kielspeling geldt dus enkel voor de schepen met breedte groter dan 23,0 m.

BIJLAGE 1

Tabel 1 Invaartijden, retourstromingen en waterstanden voor variërende scheepsbreedtes en invaarsnelheden bij Volkeraksluizen

Tabel 2 Invaartijden, retourstromingen en waterstanden voor variërende scheepsbreedtes en diepgang bij Volkeraksluizen

Alle grafieken hebben betrekking op sluisinvaart bij de Volkeraksluizen:

Grafiek 1a/b/c/d Snelheid als functie van de afstand van het schip tot de sluisingang, $T=4,0$ m

Grafiek 1e Vermogen als functie van de afstand tot de sluisingang voor $V_0=1,0$ m/s en $T=4,0$ m

Grafiek 2a Afstand hek schip tot sluisingang bij verschillende invaarsnelheden (V_0) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $T=4,0$ m

Grafiek 2b Afstand hek schip tot sluisingang bij verschillende diepgang (T) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $V_0=1,0$ m/s

Grafiek 3 Aangewend motorvermogen bij sluisinvaart

Grafiek 4a Retourstroomsnelheid op $x=65$ m (boven drempel) bij verschillende invaarsnelheden (V_0) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $T=4,0$ m

Grafiek 4b Retourstroomsnelheid op $x=65$ m (boven drempel) bij verschillende diepgang (T) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $V_0=1,0$ m/s

Grafiek 5a Waterstanden op $x=320$ m (voor gesloten kolkhoofd) bij verschillende invaarsnelheden (V_0) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $T=4,0$ m

Grafiek 5b Waterstanden op $x=320$ m (voor gesloten kolkhoofd) bij verschillende diepgang (T) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $V_0=1,0$ m/s

Tabel 3 Invaartijden, retourstromingen en waterstanden voor variërende scheepsbreedtes en diepgang bij Kreekraksluizen

Tabel 1 Invaart Volkeraksluizen

**Invaartijden, retourstromingen en waterstanden
voor variërende scheepsbreedtes en invaarsnelheden**

Vo=2,0 m/s								
Diepgang		4,0 m		X_hek,begin		-550 m		
invoer	uitvoervariabelen					x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor sluisingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel U_max [m/s]	kolkhoofd h_max [m]		
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]				
22,80	275	2,12	545	0,88	-1,79	0,56	270	
23,20	278	2,10	574	0,60	-1,78	0,56	296	
23,40	280	2,09	terug					
23,60	280	2,08	terug					

Vo=1,3 m/s							
Diepgang		4,0 m		X_hek,begin		-400 m	
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor sluisingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	231	1,32	550	0,84	-1,36	0,30	319
23,20	233	1,31	577	0,63	-1,37	0,30	344
23,40	234	1,30	605	0,36	-1,36	0,30	371
23,60	235	1,29	580	0,92	-1,37	0,30	345
23,80	236	1,29	terug				

Vo=1,0 m/s							
Diepgang		4,0 m		X_hek,begin		-400 m	
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor sluisingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	283	1,04	660	0,77	-1,15	0,22	377
23,20	285	1,03	679	0,57	-1,17	0,22	394
23,40	286	1,02	739	0,32	-1,16	0,21	453
23,60	288	1,02	689	0,83	-1,16	0,21	401
23,80	289	1,01	terug		-1,11	0,21	

Vo=0,7 m/s							
Diepgang		4,0 m		X_hek,begin		-400 m	
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor sluisingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	395	0,71	908	0,55	-0,91	0,12	513
23,20	400	0,70	922	0,59	-0,92	0,12	522
23,40	402	0,70	935	0,63	-0,94	0,12	533
23,60	403	0,69	935	0,63	-0,94	0,12	532
23,80	405	0,69	terug				

Tabel 2 Invaart Volkeraksluizen
Invaartijden, retourstromingen en waterstanden
voor variërende scheepsbreedtes en diepgang

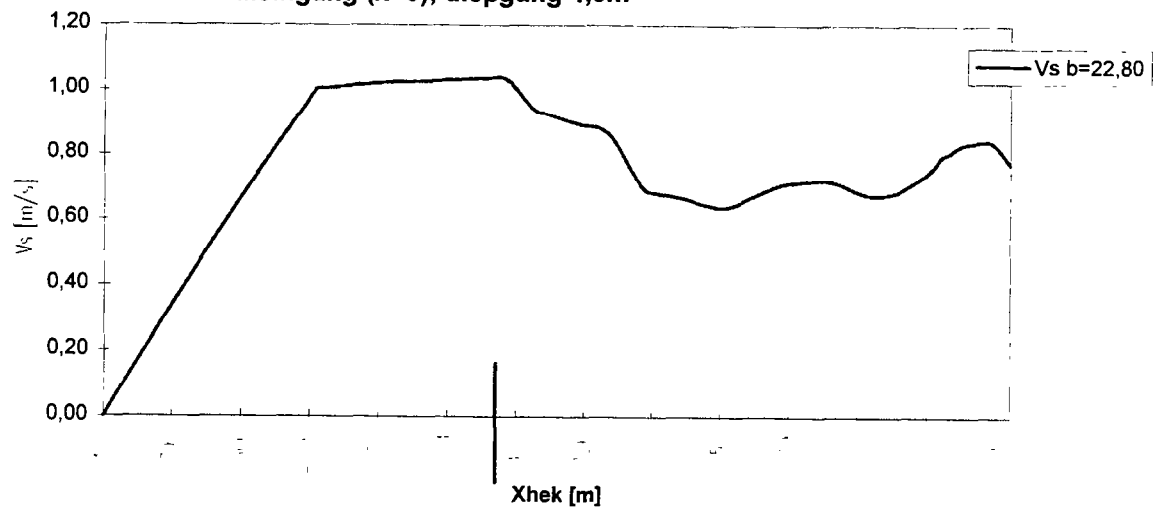
Diepgang = 1,5 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek;begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor slusingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	250	1,07	515	1,17	-0,36	0,07	265
23,20	251	1,06	520	1,16	-0,37	0,97	269
23,40	253	1,05	524	1,14	-0,37	0,07	271

Diepgang = 4,0 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek;begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor slusingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	283	1,04	660	0,77	-1,15	0,22	377
23,20	285	1,03	679	0,57	-1,17	0,22	394
23,40	286	1,02	739	0,32	-1,16	0,21	453

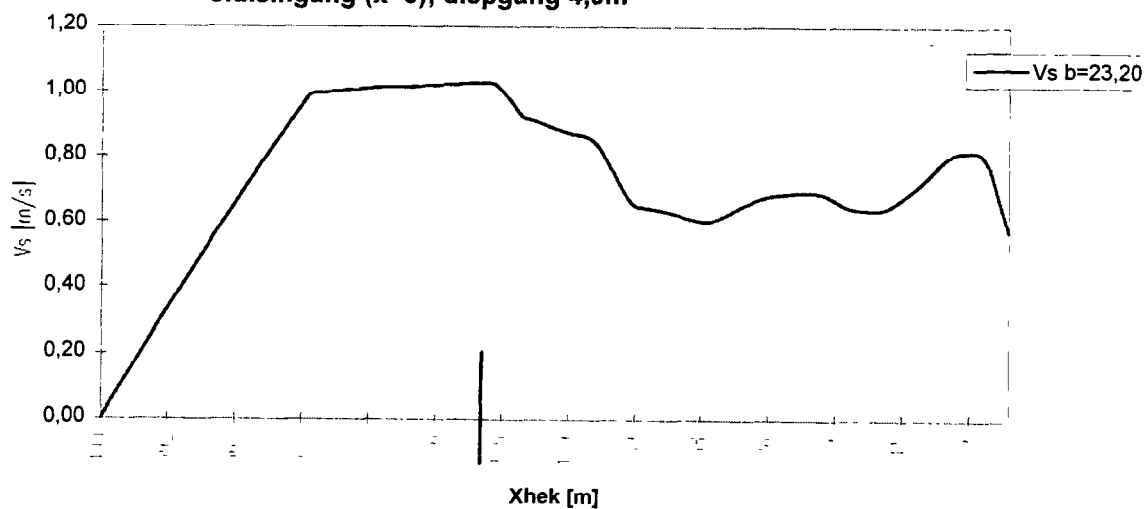
Diepgang = 4,5 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek;begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor slusingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	302	0,97	805	0,70	-1,21	0,23	503
23,20	305	0,96	835	0,69	-1,21	0,23	530
23,40	306	0,96	838	0,69	-1,21	0,23	532

Diepgang = 5,0 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek;begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=65	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte [m]	Xh= -190 schip voor slusingang		Xh= 100 schip achter drempel		drempel	kolkhoofd	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	U_max [m/s]	h_max [m]	
22,80	295	0,98	1017	0,71	-1,52	0,31	722
23,20	297	0,97	terug		-1,54	0,32	
23,40	298	0,97	1034	0,72	-1,55	0,30	736

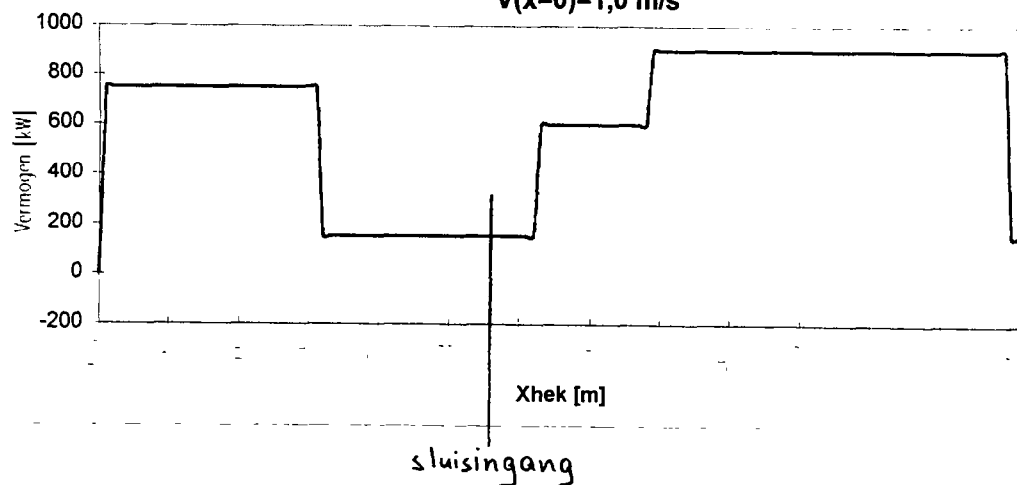
Grafiek 1a Snelheid als functie van de afstand hek schip tot sluisingang (x=0); diepgang 4,0m



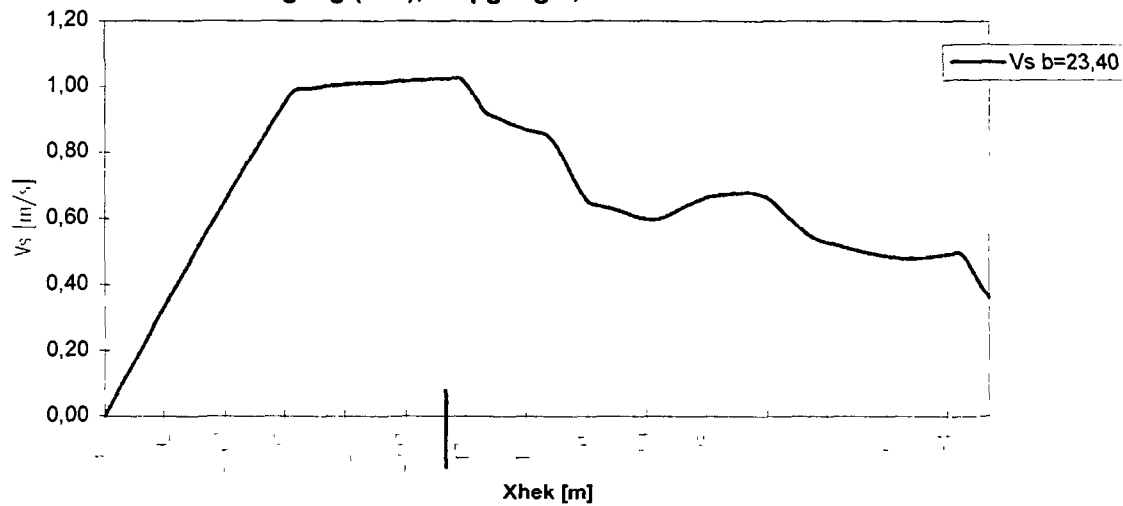
Grafiek 1b Snelheid als functie van de afstand hek schip tot sluisingang (x=0); diepgang 4,0m



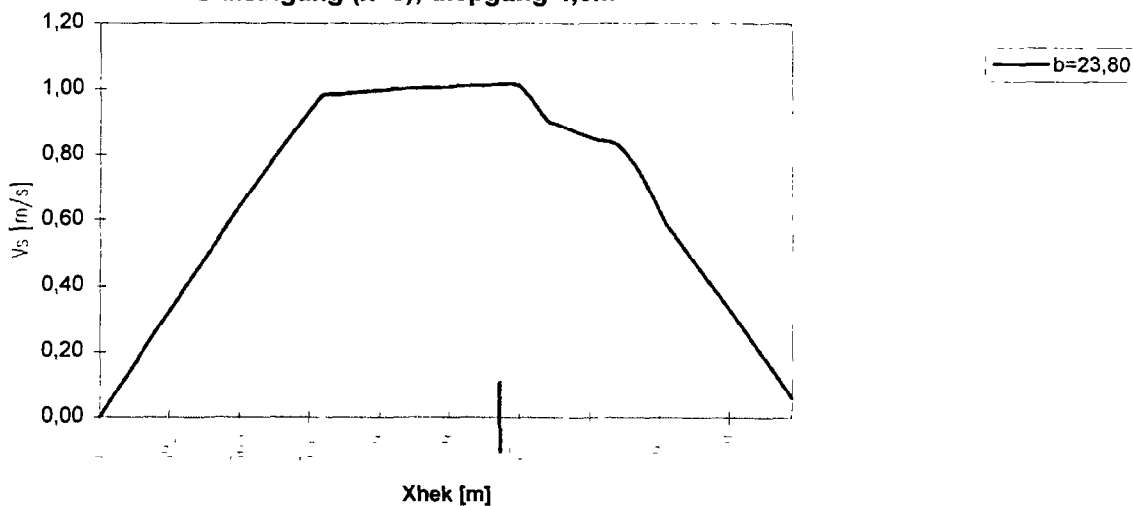
Grafiek 1e Vermogen als functie van de afstand tot sluisingang $V(x=0)=1,0$ m/s



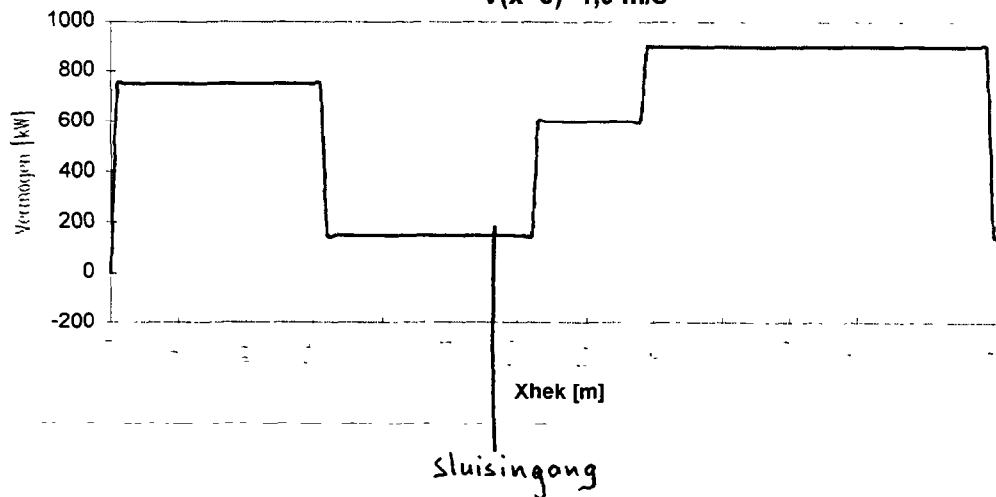
Grafiek 1c Snelheid als functie van de afstand hek schip tot sluisingang ($x=0$); diepgang 4,0m



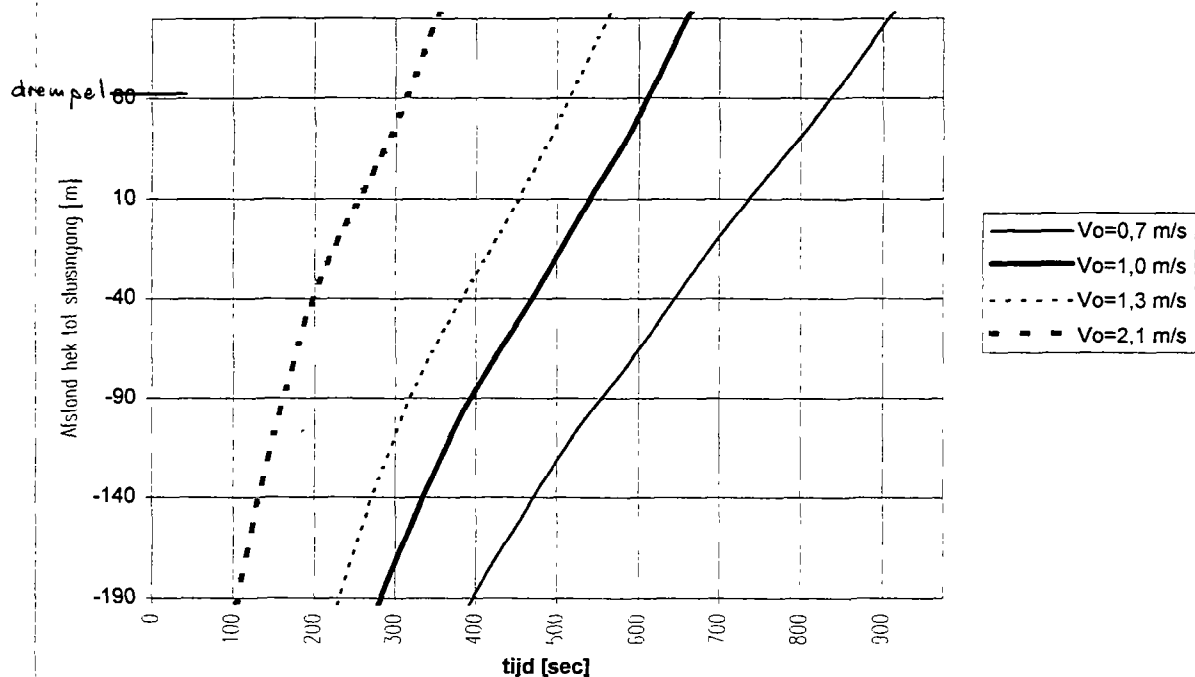
Grafiek 1d Snelheid als functie van de afstand hek schip tot sluisingang ($x=0$); diepgang 4,0m



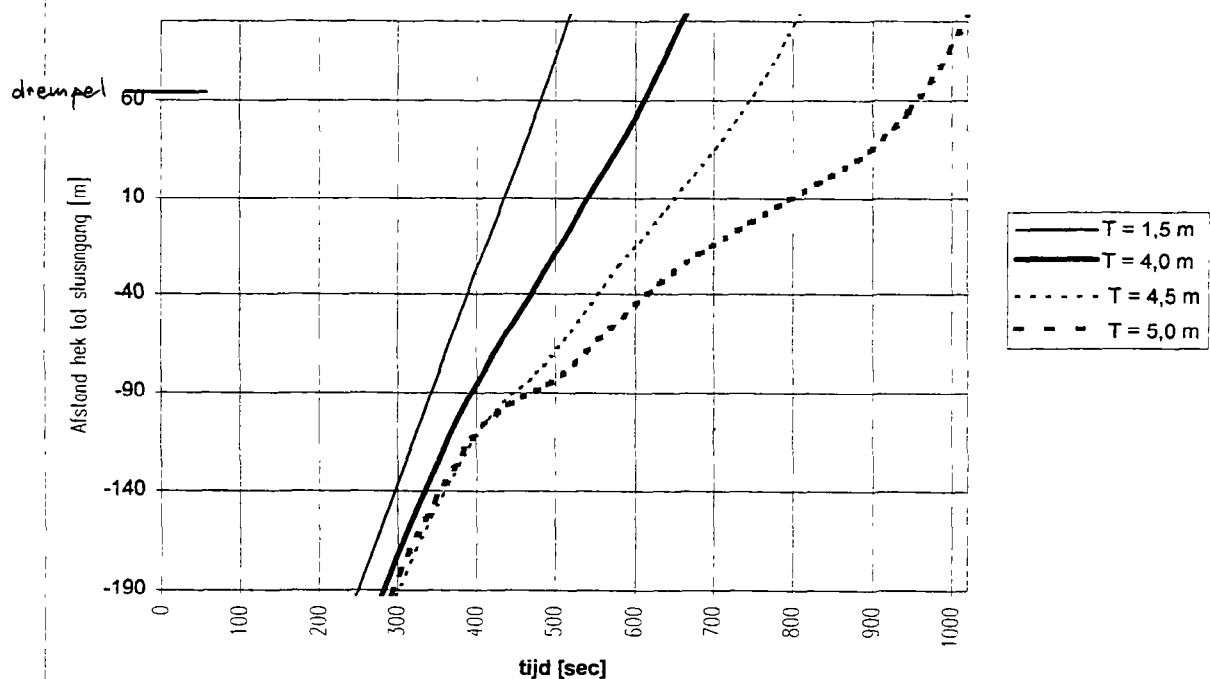
Grafiek 1e Vermogen als functie van de afstand tot sluisingang
 $V(x=0)=1,0$ m/s



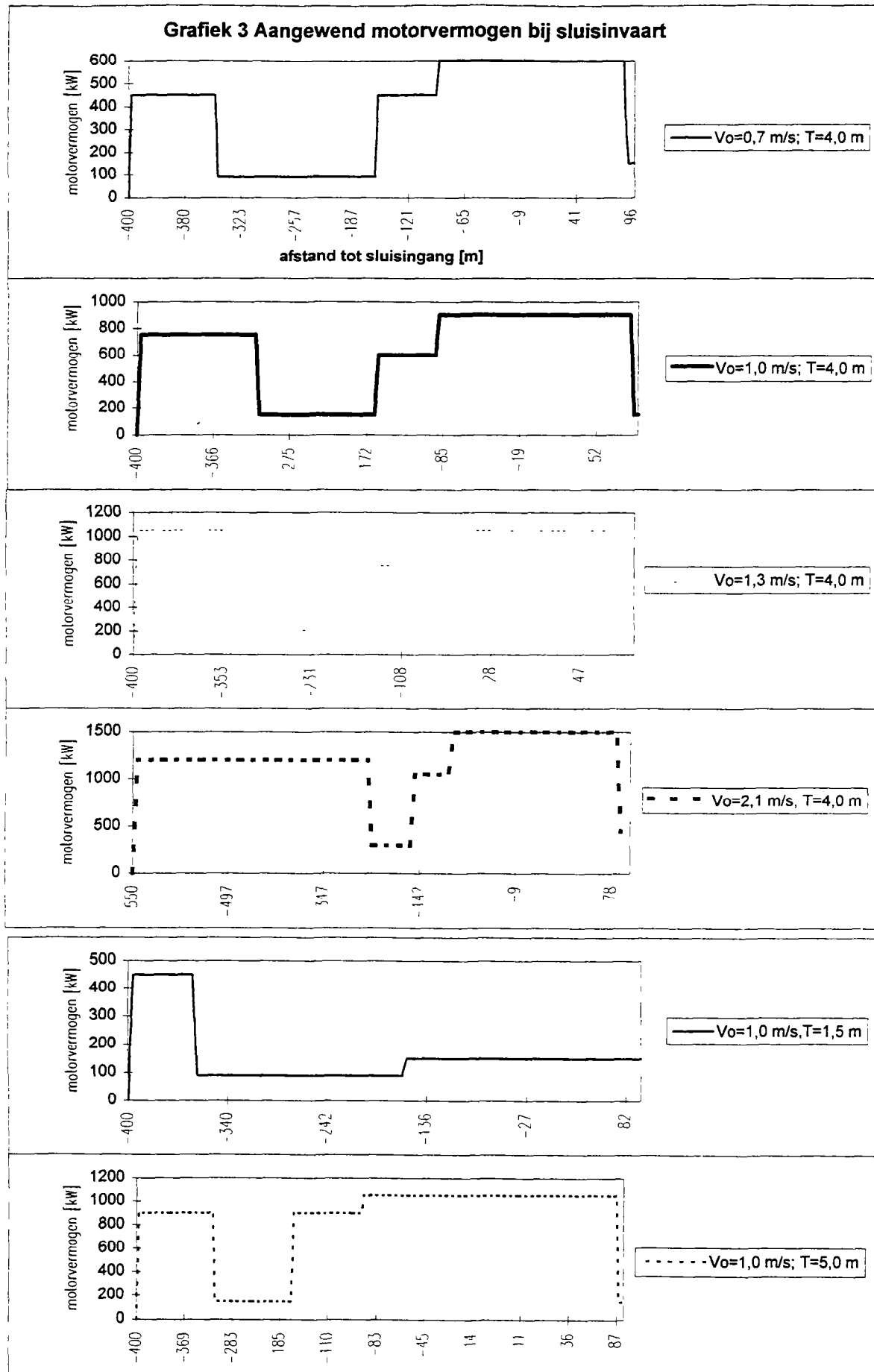
Grafiek 2a Afstand hek schip tot slusingang bij verschillende invaarsnelheden (V_o) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $T=4,0$ m



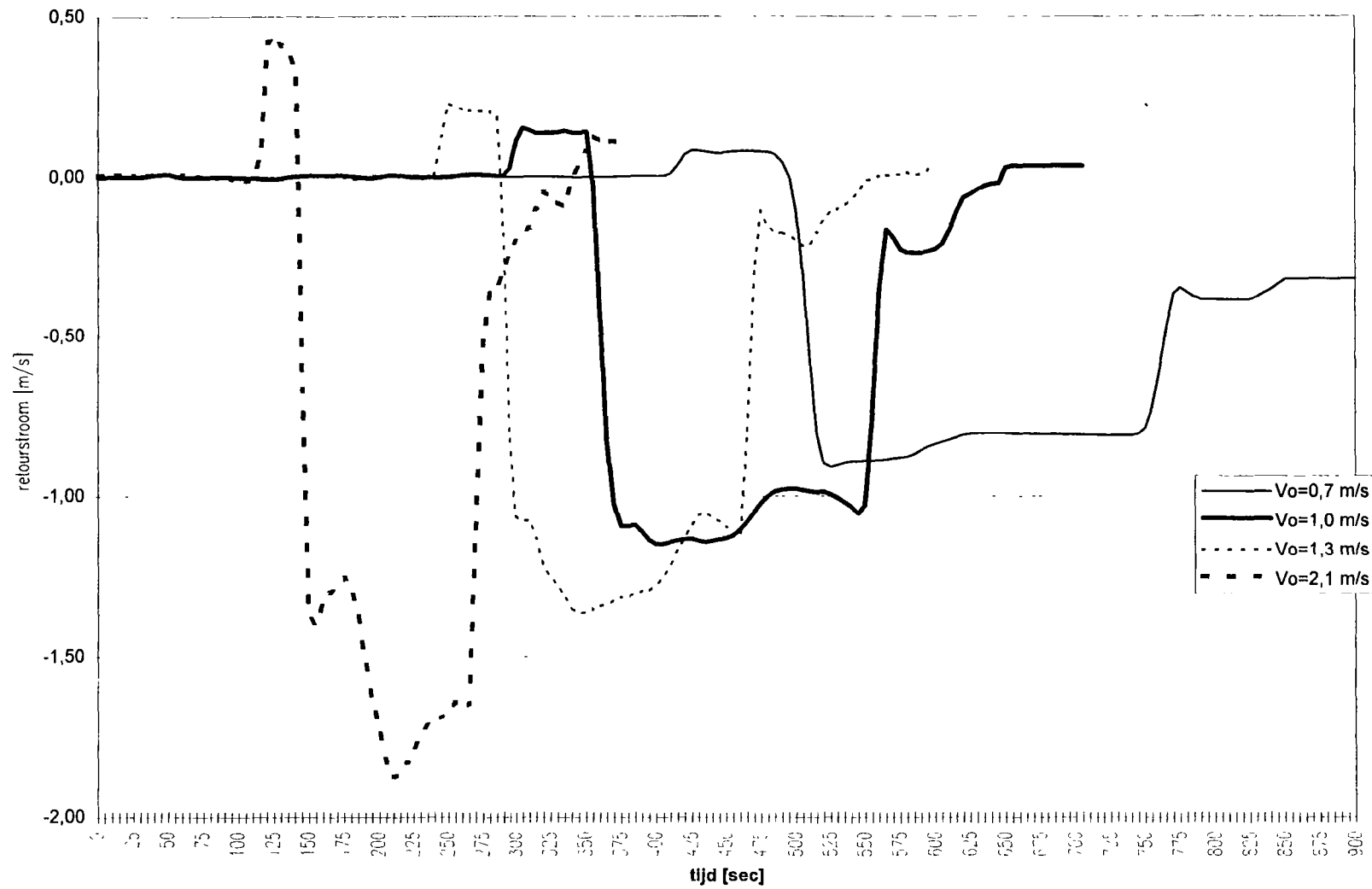
Grafiek 2b Afstand hek schip tot sluis ingang bij verschillende diepgang (T) voor vierbakker met $B=22,80$ m en $V_o=1,0$ m/s



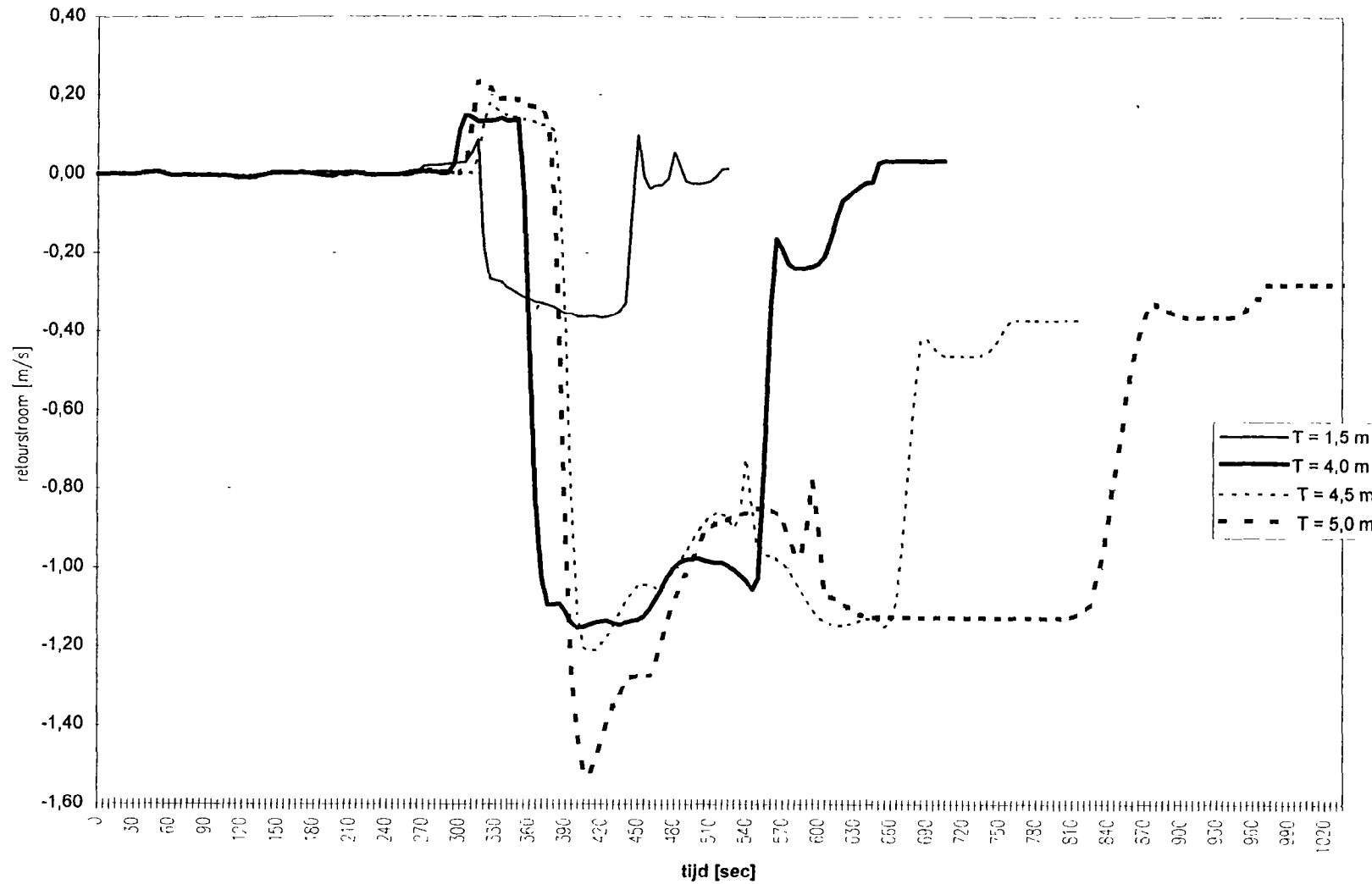
Grafiek 3 Aangewend motorvermogen bij sluisinvaart



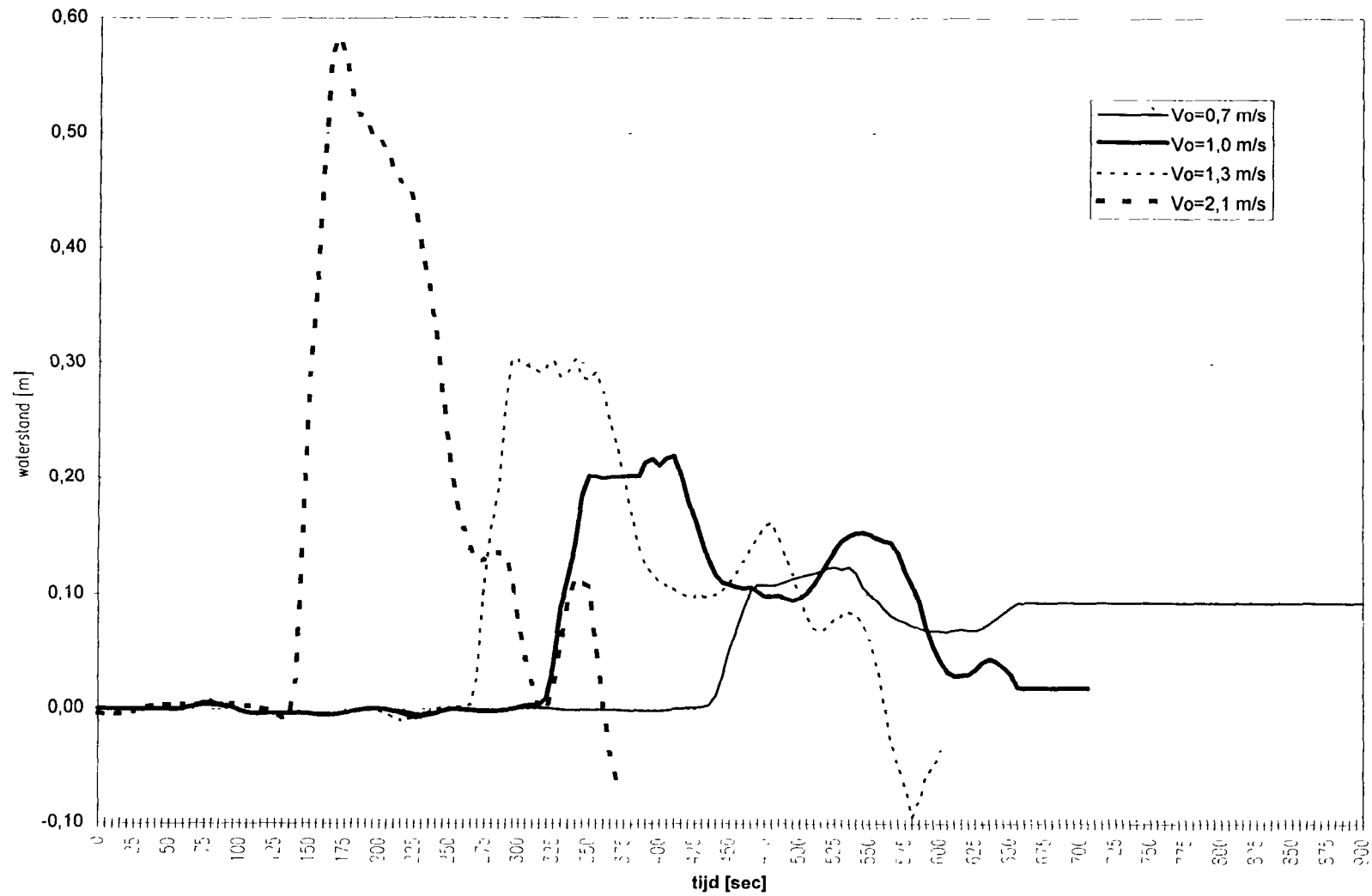
Grafiek 4a Retourstroomsnelheid op x=65 m (boven drempel) bij verschillende invaarsnelheden (V_o) voor vierbakker met breedte 22,80 m en diepgang 4,0 m



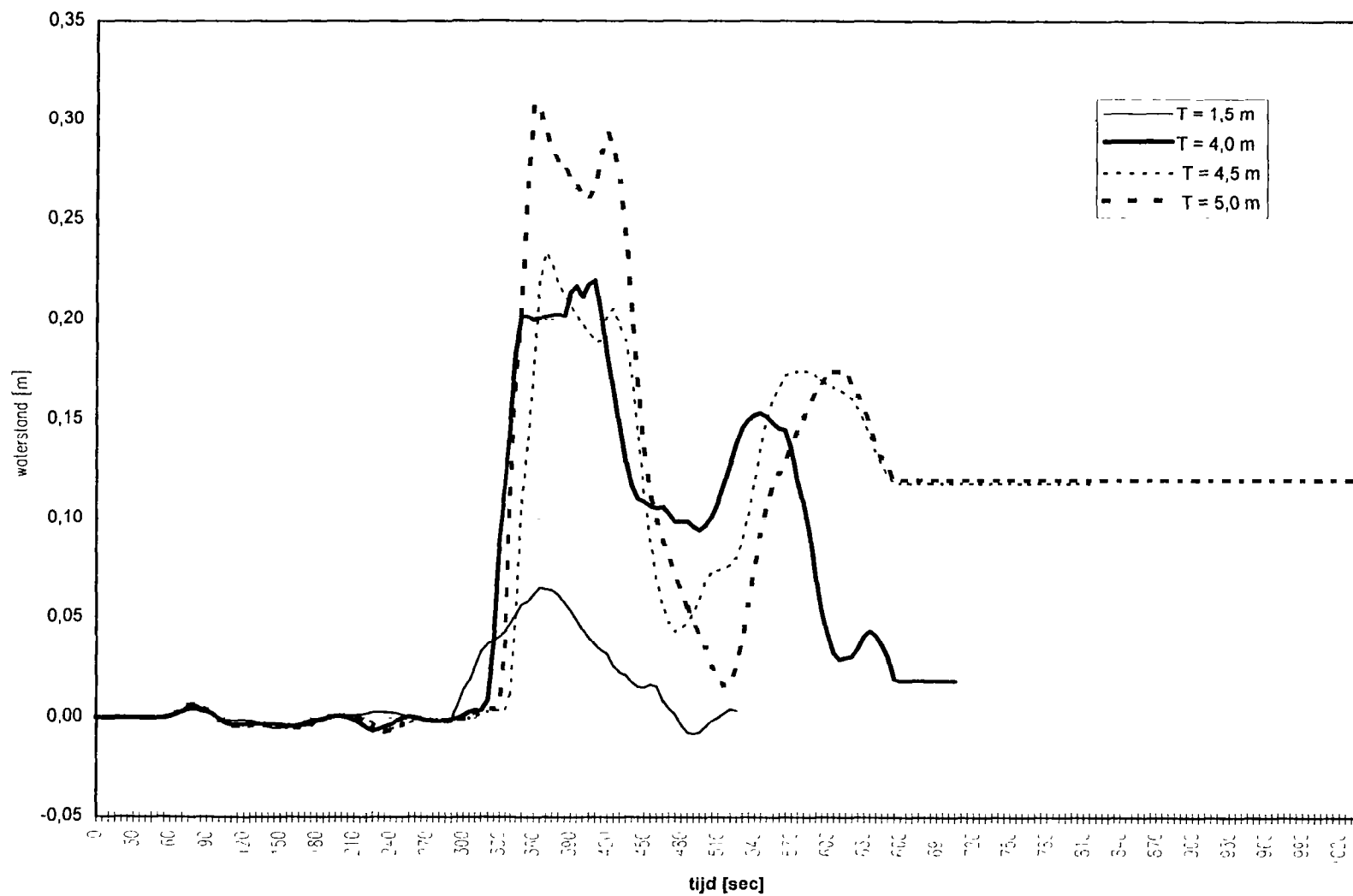
**Grafiek 4b Retourstroomsnelheid op $x=65$ m (boven drempel) bij verschillende diepgang (T)
voor vierbakker met breedte 22,80 m en invaarsnelheid 1,0 m/s**



Grafiek 5a Waterstanden op $x=320$ m (gesloten kolkhoofd) bij verschillende invaarsnelheden (V_0) voor vierbakker met breedte 22,80 m en diepgang 4,0 m



**Grafiek 5b Waterstanden op $x=320$ m (gesloten kolkhoofd) bij verschillende diepgang (T)
voor vierbakker met breedte 22,80 m en invaarsnelheid 1,0 m/s**



Tabel 3 Kreekrak invaart

**Invaartijden, retourstromingen en waterstanden
voor variërende scheepsbreedtes en diepgang**

Diepgang = 3,0 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek,begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=47	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte	Xh= -190		Xh= 100		drempel	kolkhoofd	
[m]	schip voor sluisingang		schip achter drempel		U_max	h_max	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	[m/s]	[m]	
22,80	275	1,05	553	1,27	-1,08	0,22	278
23,20	277	1,04	563	1,25	-1,09	0,22	286
23,40	278	1,03	572	1,19	-1,09	0,21	294

Diepgang = 3,5 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek,begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=47	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte	Xh= -190		Xh= 100		drempel	kolkhoofd	
[m]	schip voor sluisingang		schip achter drempel		U_max	h_max	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	[m/s]	[m]	
22,80	296	1,03	655	1,04	-1,16	0,30	359
23,20	300	1,02	674	0,91	-1,16	0,31	374
23,40	301	1,01	687	0,84	-1,16	0,32	386

Diepgang = 4,0 m							
Vo = 1,0 m/s		X_hek,begin -400 m					
invoer	uitvoervariabelen				x=47	x=320	netto vaartijd in kolk
breedte	Xh= -190		Xh= 100		drempel	kolkhoofd	
[m]	schip voor sluisingang		schip achter drempel		U_max	h_max	
	t [sec]	V [m/s]	t [sec]	V [m/s]	[m/s]	[m]	
22,80	289	1,05	809	0,78	-1,28	0,39	520
23,20	292	1,04	884	0,89	-1,27	0,38	592
23,40	293	1,04	885	0,95	-1,27	0,38	592

**MOGELIJKHEDEN TOT VERRUIMING VAN DE TOELATING TOT
DE SCHELDE-RIJN VERBINDING**

deelstudie III

**Vershil in behandeling in het toelatingsbeleid tussen motorschepen,
gekoppelde samenstellen, duwende motorschepen (koppelverbanden)
en duwstellen, wel of niet handhaven?**

vraag van Directie Zeeland:

Is er een goede grond voor handhaving van het huidige verschil in maximum toelaatbare lengte tussen afzonderlijke schepen en gekoppelde samenstellen enerzijds (150 m) en duwstellen anderzijds (200 m)?

1 Inleiding

Zeeland beschikt over relatief ruime klasse VI vaarwegen. Op praktische gronden en in aansluiting op de gangbare praktijk in het ontheffingen- en vergunningenbeleid zijn een aantal jaren geleden de toelatingseisen versoepeld. De maximaal toelaatbare lengte op de Schelde-Rijn Verbinding en het Kanaal door Zuid-Beveland werd vergroot voor enkelvarende schepen en voor gekoppelde samenstellen van 110 naar 150m en voor duwstellen, waaronder samenstellen geduwd door een duwend motorschip, van 192 naar 200m.

Daarmee liep men in de pas (en voorlopig vooruit) met het verschijnen van het nieuwe type motorschip cemt VI met een maximum lengte van (nu nog) 135 m.

Daarbij blijft de eis gelden dat bij veel wind er een voorspan of een vorm van kopbesturing moet zijn.

Op dit moment zijn er geen redenen vanuit de praktijk om de lengtegrens voor gekoppelde samenstellen ter discussie te stellen. De vraag komt eerder voort uit het besef dat de huidige manoeuvreerbaarheid van de moderne schepen goed is en minstens vergelijkbaar met die van het grote duwstel en er dus geen aanleiding is om een verschil in toelatingsvoorwaarden te laten bestaan. De vraag is nu of dit thans zo is en zo ja zo zal blijven. In dat geval kan de lengtegrens vervallen. Of dat er haken en ogen zijn die het verstandig maken om de lengtegrens van gekoppelde samenstellen -tenminste voorlopig- te handhaven.

2 Wat speelt in het toelatingsbeleid bij een lengtegrens?

Een schip wordt toegelaten als het geen onevenredige hinder veroorzaakt aan de overige vaart, de veiligheid niet in gevaar brengt en geen boven-evenredige schade aan de vaarweg toebrengt. Hoe ligt dit voor de nu vastgestelde maximum afmetingen voor resp het alleenvarende motorschip, het gekoppelde samenstel en het duwstel?

De factoren die bepalend zijn voor deze aspecten zijn ten eerste de afmetingen van de units en ten tweede de intrinsieke¹ manoeuvreerbaarheid, zowel in het operationele snelheidsgebied als bij lage snelheid. Er spelen bij toelating een groot aantal andere factoren. Maar deze zijn naar hun effect voor de drie categorieën ongeveer gelijk. (Zie voor een overzicht van middelen en effecten en hun samenhang Bijlage 1)

2.1 m.b.t. afmetingen

De SRV en de Krammer-route naar Hansweert en de Wester Schelde (KR) zijn 4-baks vaarwegen en bovendien uitgelegd voor 3-strooks verkeer. Dit betekent dus dat deze vaarwegen ook relatief ruime vaarwegen zijn.

De vaarweg is dan ook zeker geschikt voor units met de maximum afmetingen van het duwstel mits de manoeuvreerbaarheid adequaat is.

Hetzelfde geldt mutatis mutandis voor gekoppelde samenstellen.

¹ Intrinsieke manoeuvreerbaarheid is de manoeuvreerbaarheid van de unit zelf, dus de snelheid en precisie waarmee een bepaalde manoeuvre kan worden uitgevoerd, en losgemaakt van de vaardigheid van de stuurman

2.2 m.b.t. manoeuvreerbaarheid

Er bestaat tussen de SRV en de Krammer route een duidelijk verschil in de eisen aan de manoeuvreerbaarheid van grote samenstellen. Dit wordt enigszins veroorzaakt door de iets minder ruime afmetingen van het KdZB, maar vooral ook door de getijstroom langs beide ingangen van het kanaal. De minimum eisen aan intrinsieke manoeuvreerbaarheid langs de Krammer route zijn dan ook hoger dan die langs de SRV. In het vervolg wordt er gezien het algemene karakter van het betoog en de aard van de conclusies geen onderscheid gemaakt tussen de routes. *Indien feitelijke formulering van eisen aan de orde is moet met het verschil in karakter van de route worden rekening gehouden Het KdZB is daarbij óf maatgevend óf krijgt een aparte behandeling*

3 Manoeuvreerbaarheid

3.1 definities

Belangrijk voor het toelatingsbeleid is dus het manoeuvreervermogen (w.o. de beheersbaarheid) van de grote units. Het is bekend dat er tussen de verschillende units grote verschillen bestaan. Eveneens groot zijn de verschillen tussen de manoeuvreereigenschappen van eenzelfde unit onder verschillende beladingscondities. Bij samenstellen speelt daarbij niet alleen de conditie geladen of leeg maar ook de plaats in de formatie van de geladen en de lege bakken. Het aantal mogelijkheden voor samenstellen is eindeloos en het voeren van een adequaat toelatingsbeleid waarbij manoeuvreereisen een rol spelen wordt er dan ook niet eenvoudiger op. Gelukkig is het mogelijk een aantal categorieën van samenstellen te benoemen die duidelijk onderscheidbaar zijn in hun manoeuvreereigenschappen. Deze indeling wordt in dit hoofdstuk met dit doel gemaakt. De definities sluiten voor een deel aan bij de definities die in de verschillende reglementen worden gehanteerd, maar gaan op essentiële punten een stap verder. Met name worden het koppelverband en het gekoppelde samenstel als aparte categorieën benoemd.

De mogelijkheden en de onmogelijkheden van een bepaald type op het gebied van manoeuvreren en de specifieke problemen die daarbij aan de orde zijn kunnen zo worden gelegd langs de eisen die in de verschillende wetten en reglementen aan het manoeuvreren worden gesteld. In de volgende hoofdstukken zal blijken dat de regelgeving het toelatingsbeleid op een aantal punten kwetsbaar maakt

In dit stuk wordt verstaan onder:

een afzonderlijk schip, resp een schip.

Een enkelvarend schip dat gebruik maakt van zijn eigen stuurgerei en eigen voortstuwing.

een gekoppeld samenstel

Een schip, dat gebruik maakt van zijn eigen stuurgerei en eigen voortstuwing, dat een ander schip of bak zonder (gebruik van) eigen stuurgerei en zonder (gebruik van) eigen voortstuwing langs zij meevoert.

Een extreem voorbeeld is een 110 m lang (of kleiner) motorschip dat een 120 m lange bak meeneemt die is vastgemaakt vóór het achterschip van het motorschip. De totale samenstellengte is dan ca 140m.

een koppelverband

Een samenstel bestaande uit een motorschip dat *geschikt is om te duwen* en dat één of meer bakken en/of schepen meevoert waarvan er ten minste één op de kop van het motorschip wordt geduwd Deze definitie is uitdrukkelijk bedoeld om aan te geven dat er hier onder koppelverband dus *niet* een gekoppeld samenstel wordt bedoeld. Koppelverband is kort voor 'een samenstel dat wordt

voortbewogen door een motorschip dat geschikt is om te duwen'. De manoeuvreereigenschappen van het type 'koppelverband' wijken af van die van het type 'duwboot duwstel' (zie hierna).

een duwbootduwstel

Een samenstel bestaande uit een duwboot die een of meer bakken duwt

Een duwstel

Een duwstel is een duwbootduwstel of een koppelverband

Een unit

Verzamelterm voor alle categorieën: Kan zijn een schip, gekoppeld samenstel, koppelverband, duwstel.

3.2 Verschillend gebruik van definities in belangrijke reglementen

Het is van belang te onthouden dat de plaats van het *gekoppelde samenstel* in het Reglement Onderzoek Schepen op de Rijn (ROSR) anders is dan in het BinnenSchepenBesluit (BSB).

Het ROSR

Het ROSR heeft een duidelijke structuur bij de definities als volgt (ROSR 1.01):

- | | | |
|--------------|--------------------|------------------------------|
| samenstellen | - een sleep of een | |
| | - hecht samenstel | - gekoppeld samenstel of een |
| | | - duwstel |
| | | - door een duwboot |
| | | - door een motorschip |

Het ROSR hangt zijn manoeuvreereisen voor samenstellen op aan een 'hecht samenstel', dus inclusief het 'gekoppelde samenstel'. (ROSR 16.06, 5.02-5.10)

Het BSB

De hiërarchie in de indeling van samenstellen is in het BSB niet expliciet aangegeven. Wel kan worden afgeleid dat er alleen sprake is van een duwstel als tenminste een van de geduwde vaartuigen vóór de duwboot of het duwende motorschip of de duwende sleepboot is geplaatst. Dus ook koppelverbanden horen bij de categorie 'duwstel'. Als een vaartuig langsij door een motorschip wordt voortbewogen is het een gekoppeld samenstel.

Het BSB geeft eisen voor duwstellen (BII 10.04), waaraan gekoppelde samenstellen dus *niet* hoeven te voldoen. En een beperkte set eisen voor schepen, gekoppelde samenstellen en duwstellen, langer dan 86m, die varen op vaarwegen uit de zones 2 en 3. (BII 12.01)

In het BSB is een gekoppeld samenstel dus géén duwstel en volgt m b t het manoeuvreren aparte regels, in het ROSR is een gekoppeld samenstel een hecht samenstel en volgt m.b.t. het manoeuvreren de regels voor een hecht samenstel, die naar hun aard parallel lopen met die voor het duwstel in het BSB.

3.3 systematische verschillen in manoeuvreerbaarheid tussen categorieën schepen en samenstellen

Vanuit een oogpunt van manoeuvreren zijn er min of meer *systematische* verschillen tussen

- een enkelvarend motorschip,
- een motorschip dat een ander schip of bak langsij meevoert: *Een gekoppeld samenstel*
- een duwboot die een of meer bakken duwt: *Een duwstel*

- een motorschip dat een of meer bakken duwt: *Een koppelverband (valt wettelijk onder duwstel)*

Om een antwoord op de gestelde vraag te kunnen geven moet worden uitgezocht of de bestaande regelgeving voor enkelvarende schepen, voor duwstellen en voor gekoppelde samenstellen voldoende garantie op adequaat manoeuvreervermogen geeft om de lengtegrens te laten vallen.

De technische verschillen in manoeuvreervermogen tussen de vier categorieën zijn de volgende:

3.3.1 *motorschip*

Een motorschip heeft in het algemeen goede manoeuvreereigenschappen, de beheersbaarheid wordt door het installeren van een boegschroef enorm vergroot. Dit heeft operationele voordelen. Alle nieuwbouw schepen hebben een boegschroef en de oudere nemen er een.

De manoeuvreereigenschappen van een geladen en een leeg motorschip verschillen. Het geladen motorschip heeft schroef en roeren onderwater en een grote massa. Het lege motorschip heeft schroef en roeren gedeeltelijk boven water en een kleine massa. De kleine massa van het lege schip overheerst t.o.v. de slechtere prestaties van de schroef en de roeren. Dus in het algemeen vaart het lege schip sneller, draait sneller, stopt sneller. Een boegschroef helpt het geladen schip bij manoeuvreren op klein water en bij het lege schip blijft de beheersbaarheid van het schip tijdens stoppen, bij achteruitvaart en bij wind zeer goed.

3.3.2 *gekoppeld samenstel*

Een gekoppeld samenstel is in essentie een binnenschip met asymmetrische besturing en voortstuwing en een aanzienlijk groter laadvermogen. Dit heeft grote consequenties voor de manoeuvreereigenschappen. Meestal zal een geladen schip een geladen bak meevoeren, en een leeg schip een lege bak. De manoeuvreereigenschappen van het samenstel zijn duidelijk minder dan van het alleenvarende schip: minder snel, slechter stoppen, langzamer draaien en stutten. De beheersbaarheid door een boegschroef neemt door de grotere massa ook af maar blijft relatief goed. Een geladen schip dat een lege bak meevoert merkt daar, afgezien van de grotere buitenmaten, niet veel van. Dit ligt geheel anders bij een leeg schip dat een geladen bak meevoert. Hier ontstaat van alles het slechtste. Schroef en roeren presteren relatief slecht, de massa is groter dan het enkele geladen motorschip en de boegschroef kan worden afgedekt door de diepe bak waardoor de beheersbaarheid drastisch afneemt. Schippers weten dit. Maar, al is het niet prettig varen, meestal kom je toch waar je wezen wilt. Onder druk van omstandigheden komt de situatie geregeld voor en zal het vaker voor komen.

3.3.3 *De duwboot (en de voor duwen omgebouwde en gekeurde sleepboot) (in een samenstel)*

De duwboot (en de voor duwen omgebouwde en gekeurde sleepboot) heeft schroef en roeren altijd onder water bij ongeveer dezelfde diepgang en daardoor is een grotere prestatie in voortstuwing en stuurkracht mogelijk dan bij een motorschip voor vergelijkbare vervoersprestaties. De bakken kunnen geladen of leeg zijn. Geladen is het door een duwboot geduwde duwstel te vergelijken met een geladen motorschip met vergelijkbaar laadvermogen. Leeg manoeuvreert het beter. Het grote verschil met motorschepen ligt op twee gebieden. Ten eerste is er de veel slechtere beheersbaarheid bij wind en lastige stroom condities door het meestal altijd ontbreken van een boegschroef. Dit zal ook niet veranderen, een boegschroef in de bak is in principe wezensvreemd² voor de duwvaart. Ten tweede is de kracht van de duwvaart dat voortstuwing en ladinggedeelte worden ontkoppeld.

² De kracht van duwvaart is dat een goed uitgeruste en goed onderhouden voortstuwingsunit is gescheiden van het ladinggedeelte. Dit ladinggedeelte is robuust, goedkoop, zonder kwetsbare uitrusting en kan daardoor aan zijn lot worden overgelaten zonder aan bruikbaarheid en betrouwbaarheid in te boeten. Een boegschroef in een bak vraagt zorg en onderhoud. In het algemeen kan die slechts worden gegarandeerd als de betreffende bak behoort tot een goed gedefinieerde poule (rederij, koppelverband). Op termijn zou binnen deze groep de uitrusting met (boeg)schroeven kunnen toenemen als er een voordeel ontstaat op zelfvarendheid van de losse bakken over korte(re) afstanden.

De mogelijkheden en daarmee de verleiding om op zijn reizen meer laadvermogen (geladen of leeg) mee te nemen dan onder moeilijker omstandigheden of in betere economische tijden wenselijk zou zijn is voor de duwboot veel groter dan voor het motorschip. Het gevolg is een opwaartse druk op het maximaal toelaatbare laadvermogen (of tonnen lading, of displacement) dat een duwboot mee mag nemen. (vgl. 3.4.3/ i)

3.3.4 duwend motorschip (in een samenstel)

Het duwende motorschip is ontworpen om te kunnen duwen. Dat betekent dat schroeven en roeren zijn uitgelegd op het varen met de ontwerpformatie (meestal met 1 of met 3 bakken). Voortstuwing en stuurkracht zijn dan voldoende voor de grootste en zwaarste formatie en dus ruim voldoende voor het duwen of meevoeren van een kleiner aantal bakken dan in het ontwerp. Ook hier bestaat de (theoretische) mogelijkheid dat het lege motorschip geladen bakken duwt. In dat geval kan het zijn dat de verminderde prestatie van schroeven en roeren zwaarder telt dan de kleinere massa van het totale duwstel tengevolge van het lege motorschip. De snelheid neemt dan iets af, het stopvermogen is slechter, draaien en stutten is trager. Duwende grote motorschepen hebben altijd een (grote) boegschroef. De beheersbaarheid van het samenstel met een geladen motorschip is goed, die met een ongeladen motorschip en een geladen bak langszij kan slechter zijn. Dit tekort wordt door de geladen bak zelf in belangrijke mate gecompenseerd omdat hij de mate van verwaaien van het samenstel beperkt. Het duwende motorschip zit hier in dezelfde situatie als het gekoppelde samenstel maar presteert in het algemeen beter. Het duwende motorschip heeft meer vermogen, meer stuurkracht en een zware boegschroef. Bovendien is vaak een dubbelschroever en heeft dan extra mogelijkheden bij het beheersen van het samenstel of heeft -als enkelschroever- een zwaardere boegschroef en ook daarmee een voldoende beheersbaarheid.

3.4 Hoe gaat de wetgeving met de systematische verschillen in manoeuvreerbaarheid om?

3.4.1 relevante wettelijke regelgeving

Van belang zijn

1. De Binnenschepen wet (BIW)
2. Het Binnenschepen besluit (BSB)
3. Het Binnenvaart politie reglement (BPR)
4. Herzene Rijnvaartacte met uitvoeringsbesluiten (HR)
5. Het Reglement onderzoek schepen op de Rijn (ROSR 1995)
6. Het Rijnvaartpolitie reglement (RPR 1995)

In vogelvlucht is het volgende over de situatie te zeggen.

3.4.2 Schepen, gekoppelde samenstellen en duwstellen volgens het ROSR

Alle schepen, gekoppelde samenstellen en duwstellen die de (Duitse) Rijn willen bevaren *moeten* in het bezit zijn van het ROSR CvO (= certificaat van onderzoek). De hierin gespecificeerde eisen worden geacht adequaat te zijn voor het varen op de Rijn. Zij dekken alle aspecten van het manoeuvreren (dus niet die van beheersbaarheid) voor uitsluitend de geladen schepen. Het certificaat beperkt de maximum grootte van alle samenstellen, dus gekoppelde samenstellen evenzeer als de duwstellen.

Daarmee is de situatie voor alle categorieën behoorlijk afgedekt waaronder het grote struikelblok bij gekoppelde samenstellen.

In de praktijk zijn alle grote motorschepen, grote duwbotten en duwende vrachtschepen in het bezit van een ROSR certificaat.

3.4.3 *Het BIW en BSB en de situatie in Zeeland*

Op de Zeeuwse routes is dit certificaat evenwel niet voorgeschreven en men kan daar terecht met een certificaat op grond van de BIW en het BSB. Dit kan voordelen hebben bijvoorbeeld op de route Antwerpen-Rotterdam waarbij sprake is van grote en groeiende stromen.

Schepen, duwstellen en gekoppelde samenstellen, langer dan 86 m moeten op zone 2 en 3 vaarwegen (de SRV en de Krammerroute vallen onder de zone 2 en 3) in het bezit zijn van een communautair of een communautair aanvullend certificaat en daarin aan enkele manoeuvreereisen voldoen (BSB BII, 12.01). Ook hier betreffen de eisen uitsluitend geladen samenstellen.

i duwbotten

Alle duwbotten moeten met een proef hebben laten zien te voldoen aan manoeuvreereisen die alle aspecten van het manoeuvreren dekken (dus niet die van beheersbaarheid) (BSB BII, 10.04). De bevoegdheid om de manoeuvreerproeven uit te voeren is door het BSB toegekend aan Scheepvaartinspectie (BSB BII 10.04 en 12.01).

Het BSB BII hangt echter geen waarde aan de eisen bij het manoeuvreren. Scheepvaartinspectie zou daar wat voor kunnen bedenken maar kan dat niet op grond van artikel 5 van de BIW. Daarin immers wordt expliciet vastgelegd op welke terreinen de BIW regels stelt en het manoeuvreren staat daar niet bij. Het BPR geeft daartoe wel mogelijkheden. In artikel 1.06 claimt het BPR het instrument te zijn om concrete invulling te geven aan die eisen. Maar ook het BPR geeft die eisen niet. Liever dan met lege handen te staan is daarop door scheepvaartinspectie voor de kleinere duwstellen met de branche onderhandeld over geschikte manoeuvrevoorwaarden. Hieruit is nu recent in de J-formule overeenstemming. Deze regel geldt voor duwstellen met een geduwde LxBxT tot maximaal 8000m³ (omgeschreven blok) voor duwbotten met een straalbuis. Ter vergelijking: een bak van 110 m x 12 m en een diepgang van 4m heeft een omgeschreven verplaatsing van 5.250 m³. Dit mag worden geduwd met 900 kW. Het is illustratief dat SI bij omrekening van de resultaten uit een proef volgens de regels van het ROSR naar het te duwen m³ van het communautaire certificaat een factor 1,25 hanteert van te duwen lading naar LxBxT en vervolgens dit aantal m³ (dat dan het aantal omgeschreven m³ zou zijn op grond van het ROSR) ophooft met een factor 1,66 (= 5/3) naar het aantal omgeschreven m³ dat mag worden geduwd *op de binnenlandse vaarwegen*. Het is de vraag of dat voor de open Zeeuwse -en soms winderige- vaarwegen niet teveel van het goede is.

Voor grote duwbotten rekent SI er op dat deze een ROSR certificaat zullen hebben. Of dat zo zal blijven moet worden afgewacht. Het kan heel goed zijn dat onder druk van de markt ook grotere duwbotten de communautaire tour opgaan. De grote duwstellen kunnen dan met 3/5 (= 60 %!) van het ROSR vermogen de vaarweg op.

ii gekoppelde samenstellen

In het BSB BII, 12.01 worden aan gekoppelde samenstellen m.b.t. het manoeuvreren slechts eisen gesteld aan snelheid, stoppen en het koershouden tijdens het stoppen, dus aanmerkelijk minder dan aan duwstellen. Daarbij gelden onder het BSB soortgelijke problemen als bij duwstellen. Weliswaar moet een motorschip dat *een bak* meevoert tegenwoordig in het bezit zijn van een vermelding op het certificaat, en wordt de proef ook afgenomen, maar ook hier is er geen goede rechtsgrond als die ter discussie gesteld zou worden. Daar staat tegenover dat het probleem zich nog niet daadwerkelijk voordoet.

3.4.4 *Geen eisen voor lege samenstellen*

Nergens in de reglementen worden er eisen gesteld aan de manoeuvreerbaarheid van lege schepen en samenstellen. In het algemeen manoeuvreert de lege unit sneller en makkelijker dan geladen. Uitzonderingen daarop zijn het soms aanmerkelijk grotere ruimtebeslag van een lege unit bij het

maken van bochten (dus ook bij manoeuvres als uitwijken en oplopen op drukkere vaarwegen) en bij dwarswind.

De Zeeuwse vaarwegen en in iets mindere mate die in Zuid-Holland zijn open en blootgesteld Weliswaar zijn zij relatief ruim maar niettemin begrenst. Het betekent dat windinvloed (op een aantal plaatsen gecombineerd met stroom) in het toelatingsbeleid moet worden meegewogen. Grote motorschepen, grote gekoppelde samenstellen, koppilverbanden en duwstellen met een kopschroef op een bak (let op containervaart) blijven ook onder moeilijke omstandigheden (veel wind, nauw vaarwater, geen snelheid) goed beheersbaar en vragen onder operationele condities een beperkt extra ruimtebeslag. Lege duwstellen zijn hier een risicofactor. Dubbelschroefs duwboden met een ROSR-certificaat hebben nog veel mogelijkheden. Aandacht is er met name nodig voor de kleine en grote duwstellen onder het communautaire certificaat. Het lijkt het beste om, indien daar juridisch de mogelijkheden voor zijn, er tenminste voor te zorgen dat de maten (lengte en breedte) van de maximaal te duwen geladen formatie leeg niet mogen worden overschreden.

3.4.5 Relatie met het BPR en invloed beheerder

In tegenstelling tot het BSB geeft het BPR de beheerder(s) in artikel 1.06 wél een expliciete mogelijkheid om eisen te stellen aan het manoeuvreren. Feitelijk is dit volstrekt logisch: de locale omstandigheden bepalen in eerste instantie wat op een vaarweg mogelijk is. Daarna volgt -in principe en voorzover mogelijk- generalisatie naar algemene eisen. SI heeft formeel een uitvoeringstaak maar staat met lege handen omdat de wetgever niet specifiek genoeg is. Op grond van de eisen die de vaarweg aan het gebruik stelt en die dus door de beheerder moeten worden geformuleerd zal SI wel een uitvoerende (= keuring en certificeren) rol kunnen vervullen. Dit zal met het HK RWS moeten worden opgenomen omdat ook de beheerder in deze gebonden kan zijn aan Europese bepalingen .

4 Conclusie

4.1 lengtegrens van 200m voor duwstellen

De lengtegrens van 200m voor duwstellen zal niet verder moeten worden verruimd voordat over de ontwikkelingen in de duwvaart op de Zeeuwse routes, de trends in de certificering en de feitelijke mogelijkheden daarbij meer duidelijkheid is ontstaan.

4.2 lengtegrens voor gekoppelde samenstellen

De lengtegrens voor gekoppelde samenstellen in het bezit van een ROSR certificaat zou kunnen vervallen, omdat zij meelopen met de ROSR regels voor hechte samenstellen.

De lengtegrens voor schepen met een communautair certificaat moet niet vervallen of worden verruimd.

Indien deze splitsing ongewenst is moet de grens niet vervallen of worden verruimd tot er vanuit de branche vragen over komen of er meer duidelijkheid is gekomen over de ontwikkelingen m.b.t. het gebruik van gekoppelde samenstellen op de Zeeuwse routes, de trends in de certificering en de feitelijke mogelijkheden daarbij.

4.3 lege duwstellen

Lege duwstellen onder het communautair certificaat en de lege grote duwstellen moeten in het toelatingsbeleid op de een of andere manier bewust worden meegenomen

5 Opmerking

De beheerder kan via het BPR eisen formuleren m.b.t. het manoeuvreervermogen op een vaarweg. Een gesprek over de wenselijkheid en de mogelijkheden zou zinnig zijn tussen RWS HK, RWS beheerders, SI, en AVV.

Bijlage 1

bij: Deelstudie III

Verskil in behandeling in het toelatingsbeleid tussen motorschepen, gekoppelde samenstellen, duwende motorschepen (koppelverbanden) en duwstellen, wel of niet handhaven?

Algemene overwegingen bij toelatingsbeleid

Een overzicht van middelen bij toelatingsbeleid, hun effecten en hun samenhang

waarom een vaarwegtoelatingsregime?

Een toelatings- en beheersregime voor een vaarweg rechtvaardigt zich doordat het bijdraagt aan het realiseren van maatschappelijk geaccepteerde niveaus op een drietal maatschappelijk relevante aspecten:

1. Het garandeert de toegelaten gebruikers een redelijk rechtvaardige verdeling van de gebruiksmogelijkheden van de vaarweg,
2. Het beoogt de veiligheid op en rondom de vaarweg op een geaccepteerd niveau te houden en
3. Het moet voorkomen dat schade en 'slijtage' door het gebruik van de vaarweg excessief zouden worden.

Welke middelen staan de beheerder daartoe ter beschikking?

Het aspect rechtvaardigheid speelt in de toelatingsvoorwaarden een rol waar iedere gebruikerscategorie er zeker van kan zijn dat zijn vaar-mogelijkheden over de vaarweg niet systematisch worden belemmerd door een andere categorie. De kernbegrippen hier zijn 'kunnen varen' en 'onderlinge hinder'. In de toelatingseisen wordt het afgedekt door afstemming van de maximale afmetingen van schepen en samenstellen en door eisen aan het manoeuvreervermogen van schepen en samenstellen tijdens de vaart. In bijzondere gevallen komt daar het aspect beheersbaarheid bij. Beheersbaarheid in dit kader is dan de mate waarin een schip of samenstel *bij lage snelheid* precies en makkelijk een gewenste baan met de gewenste drifthoeken kan varen, ook onder slechte stroom en windcondities.

Bij veiligheid *op* de vaarweg spelen toelatingsvoorwaarden een beperkte maar niettemin belangrijke rol. Behalve scheepsgrootte en manoeuvreereigenschappen is hier beheersbaarheid, vaargedrag en attitude van de schipper en de aard en de hoeveelheid van het verkeer belangrijk, naast externe factoren als zicht, wind en stroom, die gebruikers en beheerder te pas en te onpas confronteert met de effecten. De veiligheid rondom de vaarweg is een directe afgeleide van de veiligheid op de vaarweg. Hoewel de gevolgen voor omwonenden van een ongeval op de vaarweg waarbij gevaarlijke stoffen vrij komen zeer groot kan zijn is er tot op heden geen directe invloed vanuit omgevingsrisico op de toelatingsvoorwaarden

Toelatingsvoorwaarden zijn bovendien essentieel bij het binnen normale grenzen houden van incidentele schade en gebruiksschade (vgl. 'slijtage'). Hier is naast de eerder genoemde middelen die vooral spelen bij het minimaliseren van de incidentele schade voor het beperken van gebruiksschade vooral de scheepssnelheid en het schroefvermogen van belang.

In onderstaand overzicht is de samenhang tussen de gebruikelijke 'middelen' in het toelatingsbeleid en de effecten nog eens kort zichtbaar gemaakt.

Middel	gebruiks-gelijkheid	veiligheid op de vaarweg	beperken gebruiksschade	opmerkingen
Maximum lengte en breedte	Garandeert de mogelijkheid te varen aan alle gebruikers	1) Zorgt voor vrije manoeuvreerruimte 2) Samen met een diepgangsbepierking voorkomt het overmatige zuiging	Samen met diepgang de 1 ^{ste} bescherming tegen zuigingsschade	Worden bepaald door de vaarweg-klasse Voor de beheerder effectief voor bovenmaatse units
Maximum diepgang	Geen directe invloed Indirect wordt een schip met een te grote diepgang gedwongen tot (te) langzaam varen.	Beschermt tegen slecht manoeuvreer-gedrag door (te) kleine kielspeling.	Beschermt tegen bodemschade	Kan te allen tijde door de beheerder worden vastgesteld
Eisen aan minimum snelheid	Effectief om onderlinge hinder te beperken op de relatief ruime vaarwegen.	Heeft positieve en negatieve effecten	Kan positief en negatief werken	Nog niet toegepast als maatregel in het vaarweg beheer, ook ontstaan moeilijkheden bij reglementering Voor schepen en samenstellen gedeeltelijk afgedekt in het CvO ¹
Eisen aan het maximale schroef-vermogen	niet terzake	Niet terzake.	Effectief tegen bodem- en oever- schade Relevant bij toelating exotische samenstellen	Geen juridische basis voor niet-bovenmaatse units Wel een optie voor bovenmaatse units
Eisen aan de maximum snelheid	Gedifferentieerde toepassing beperkt de hinder.	Gedifferentieerde toepassing voorkomt 'wildgroei' en voorkomt risico's door zuiging en golfslag.	Gedifferentieerde toepassing effectief bij het beperken van gebruiks schade	Is er voor deze maatregel nog een (juridische? basis na de saneringen?
Eisen aan het manoeuvreren bij operationele snelheid	Geen juridische basis voor niet-bovenmaatse units. Van belang bij bovenmaatse units	Goed manoeuvreren is belangrijk maar niet door de beheerder te beïnvloeden.	Schade door incidenten vermindert.	Gedeeltelijk afgedekt in het CvO

¹ Voor het bereik van het communautair certificaat en het ROSR certificaat, de verschillen en de manco's met betrekking tot manoeuvreren wordt verwezen naar bijlage 1

Middel	gebruiksgelijkheid	veiligheid op de vaarweg	beperken gebruiksschade	opmerkingen
Eisen aan het manoeuvreren bij lage snelheid 'beheersbaarheid'	Bevordert vlotte afwikkeling en verkleint hinder. Bijzonder effectief onder moeilijke omstandigheden en in lokale of incidentele knelpunten.	Bevordert veiligheid onder moeilijke omstandigheden en in krappe situaties Zeef voor slecht manoeuvrerende samenstellen.	Verkleint de kans op schade uit incidenten	Bestaan geen eisen voor Niet afgedekt in het CvO Met name van belang voor de grotere gebruikers
Eisen aan stopvermogen, of stopweg	niet terzake	In het algemeen op kanalen ruim voldoende. Aandachtspunt slecht manoeuvrerende duwstollen en gekoppelde samenstellen	Van weinig invloed	Gedeeltelijk afgedekt via het CvO
Eisen aan vaargedrag en attitude schipper	Belangrijk, thans in het algemeen goed.	Belangrijk, thans in het algemeen goed. Kwetsbaar in de toekomst door liberalisering en concurrentie.	Handhavingsbeleid cruciaal	Via scholing, voorlichting, beroeps ethiek, rederijstrategie Via aanwijzingen etc marginaal te beïnvloeden door de beheerder
Bedrijfszekerheid van de gebruikers		Belangrijk	Belangrijk	In de toekomst meer en meer afgedekt via het CvO

